LA CITÉ DE L'EAU
ET DE L'ASSAINISSEMENT

L'assainissement en région parisienne et la préservation des milieux aquatiques

NIVEAU ÉLÉMENTAIRE

LIVRET PÉDAGOGIQUE





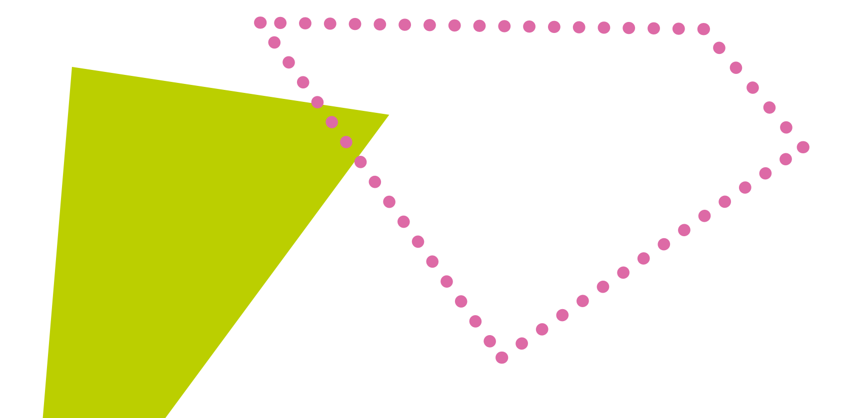
Avant propos

À la croisée de divers sujets d'étude des sciences expérimentales et des sciences humaines, l'eau est un formidable support d'apprentissage. Au cœur des sujets d'actualités tels que l'environnement, la santé, ou encore la solidarité internationale, l'eau est une thématique majeure de l'éducation au développement durable, partie intégrante des programmes scolaires et décrétée décennie 2005-2014 par les Nations Unies. C'est pourquoi les enseignants souhaitent aborder ce thème par une approche concrète et s'appuyer sur des structures professionnelles. C'est dans ce contexte que le SIAAP a créé à La Cité de l'Eau et de l'Assainissement des ateliers dédiés aux élèves du CP au CM2. Afin de compléter cette démarche et en collaboration avec des professeurs des écoles, ce livret pédagogique destiné aux enseignants leur permettra de s'informer sur la thématique de l'assainissement et ses liens avec la protection des milieux aquatiques, et de proposer des exercices aux élèves basés sur la réflexion et la découverte.

QU'EST-CE QUE L'ASSAINISSEMENT ?

L'assainissement est l'ensemble des techniques de collecte, de transport et de traitement des eaux usées avant leur rejet dans le milieu naturel.
L'assainissement permet en premier lieu de prévenir les maladies liées à l'eau : directement par l'évacuation des eaux usées des habitations et indirectement par le maintien d'une eau de qualité dans les cours d'eau pour la production d'eau potable. Dans les pays développés, sa fonction majeure est désormais la préservation des milieux aquatiques hébergeant une faune et une flore spécifiques. Dans certaines régions du monde, l'assainissement demeure cependant une problématique de santé publique. En 2008, proclamée Année internationale de l'assainissement par les Nations Unies, 2,6 milliards de personnes étaient encore privées d'accès à un système d'assainissement convenable.

Pourquoi lui consacrer un livret pédagogique ?
Les livrets sur l'eau sont légion car les acteurs publics et privés concernés sont nombreux et la thématique universelle (prélèvements, nutrition, transports, loisirs, biodiversité, etc.). Toutefois, il n'existe pas encore de document pédagogique spécifique à l'assainissement. Ainsi, la demande des enseignants pour obtenir des informations adaptées au jeune public est forte et il est de plus en plus difficile, pour des questions de sécurité, de visiter des stations d'épuration avec des enfants.



POURQUOI LE SIAAP ?

Le Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne est un établissement public qui dépollue chaque jour les eaux usées de plus de 8 millions de Franciliens, les eaux pluviales et les eaux industrielles de l'agglomération parisienne, pour rendre à la Seine et à la Marne une eau propice au développement du milieu naturel. Le SIAAP s'impose donc comme une référence du secteur de l'assainissement, tout particulièrement en milieu urbain dense. Ce dernier point explique pourquoi les techniques de lagunage et d'assainissement non collectif sont peu décrites dans ce livret, car davantage présentes en milieu rural.
La Cité de l'Eau et de l'Assainissement, centre de formation et de documentation du SIAAP à Colombes (92), s'est engagée dans l'éducation au développement durable par l'intermédiaire de son **service de médiation pédagogique.** Sa mission est de sensibiliser les élèves de tous niveaux aux enjeux de la préservation de la ressource en eau et des milieux aquatiques, et de leur **enseigner** les mécanismes de l'assainissement. Il s'agit également de **former** les étudiants jusqu'à la dernière année d'université et d'école d'ingénieur aux techniques de collecte et de traitement des eaux usées et des boues d'épuration.

LE BASSIN DE LA SEINE ET L'ÎLE-DE-FRANCE

Le territoire géographique étudié dans ce livret - l'Île-de-France et le bassin versant de la Seine - découle des caractéristiques du SIAAP. Le Syndicat regroupe les quatre départements centraux de la région parisienne (Paris, Hauts-de-Seine, Seine-Saint-Denis et Val-de-Marne), mais sa zone de collecte s'étend sur certaines communes de la Seine-et-Marne, des Yvelines, de l'Essonne et du Val-d'Oise, pour un total de 286 communes franciliennes. Ses usines rejettent l'eau épurée dans la Seine et la Marne.

MODE D'EMPLOI

Le livret s'adresse aux enseignants d'école élémentaire. Il comprend d'abord une partie informative présentée en trois sections : l'assainissement replacé dans le cycle domestique de l'eau et sa fonction de protection de la santé, les procédés de collecte et traitement des eaux usées, et pour finir, son rôle dans la préservation des milieux aquatiques. La seconde partie du livret se présente sous forme de fiches pour les élèves, reprenant les trois sections évoquées précédemment et adaptées en deux niveaux (cinq fiches pour les cycles 2 et douze pour les cycles 3). Ces fiches peuvent être photocopiées et distribuées aux élèves.



Sommaire



Place des thèmes abordés dans les programmes scolaires

Les notions étudiées dans ce livret et les exercices proposés dans les fiches s'appuient sur les programmes de l'école primaire 2008-2009*.

LE CYCLE DES APPRENTISSAGES FONDAMENTAUX (CP ET CE1)

Le domaine disciplinaire se rapportant aux thématiques liées à l'eau est la ***"Découverte du monde"*** : "Se repérer dans l'espace et le temps" (lecture de photographies, cartes et planisphères) et "Découvrir le monde du vivant, de la matière et des objets" (grandes fonctions du monde animal, hygiène, respect de l'environnement).

LE CYCLE DES APPROFONDISSEMENTS (CE2, CM1 ET CM2)

Le domaine disciplinaire intitulé ***"Sciences expérimentales et technologie"*** est directement concerné par l'assainissement et les milieux aquatiques. Il a pour objectif la compréhension du monde, naturel et construit par l'Homme, et la maîtrise des changements induits par l'activité humaine, ce qui correspond tout à fait au thème de l'assainissement. Par une démarche d'investigation, l'élève s'intéresse aux progrès scientifiques et techniques, et prend conscience de sa responsabilité face à l'environnement, au monde vivant et à la santé. La partie "La matière" est largement consacrée à l'eau en tant que ressource à préserver. "L'unité et la diversité du vivant – Le fonctionnement du vivant – Les êtres vivants dans leur environnement" s'attachent à définir la biodiversité, expliquer les mécanismes des êtres vivants et montrer les interactions entre le vivant et le milieu. "Le fonctionnement du corps humain et la santé" permet un rappel du rôle de l'hygiène pour la préservation de la santé.

Le domaine disciplinaire ***"Culture humaniste"*** comprend l'étude de la géographie. La partie "Des réalités géographiques locales à la région où vivent les élèves" correspond à l'approche souhaitée dans ce livret, c'est-à-dire expliquer une notion en s'appuyant sur la réalité territoriale de l'élève. Un sujet d'étude est demandé au choix entre l'eau dans la commune (besoins et traitements) ou les déchets. Les enseignants choisissant la première option pourront donc s'appuyer sur ce livret pour approfondir le thème de l'épuration de l'eau. Le territoire français est partiellement étudié au travers de l'hydrographie de la Seine. Enfin, l'élève apprend en mathématiques l'organisation et la gestion de données, ce qui est mis en œuvre dans certaines fiches du livret (tri et classement de données ; lecture, productions et analyse de tableaux et graphiques).

* Horaires et programmes de l'école primaire publiés au Bulletin Officiel hors-série n°3 du 19 juin 2008.

Contenu informatif pour les enseignants

> QU'EST-CE QUE L'ASSAINISSEMENT ?

Définition

Ensemble des techniques d'évacuation et d'épuration des eaux usées.

L'assainissement a pour fonction de collecter les eaux usées, puis de les débarrasser des pollutions dont elles se sont chargées avant de rejeter l'eau épurée dans le milieu naturel.
Il ne faut pas confondre les traitements de potabilisation, qui ont pour fonction de transformer l'eau prélevée dans le milieu naturel en eau potable, et l'assainissement des eaux usées, avant leur retour dans un cours d'eau.

Le développement des activités humaines s'accompagne inévitablement d'une production croissante de rejets polluants. Afin de limiter le plus possible la dégradation de nos ressources en eau (rivières, lacs, nappes souterraines), la dépollution des eaux usées est devenue un impératif pour les sociétés modernes*.
Selon la localisation de l'habitation et le choix de la collectivité, on distingue deux grands systèmes de collecte et d'épuration pour conduire les opérations d'assainissement : l'assainissement collectif et l'assainissement individuel.

En France, 79 % de la population est raccordée à un réseau d'assainissement, conduisant à une station d'épuration. On compte 19 430 stations d'épuration pour une capacité totale de 76 millions d'équivalents-habitants**. Les mille plus grosses représentent à elles seules 50 millions d'équivalents habitants. Environ 13 millions de Français ne sont pas reliés à un système d'assainissement collectif du fait de leur lieu de vie, mais leurs habitations doivent être dotées d'un système d'assainissement individuel.

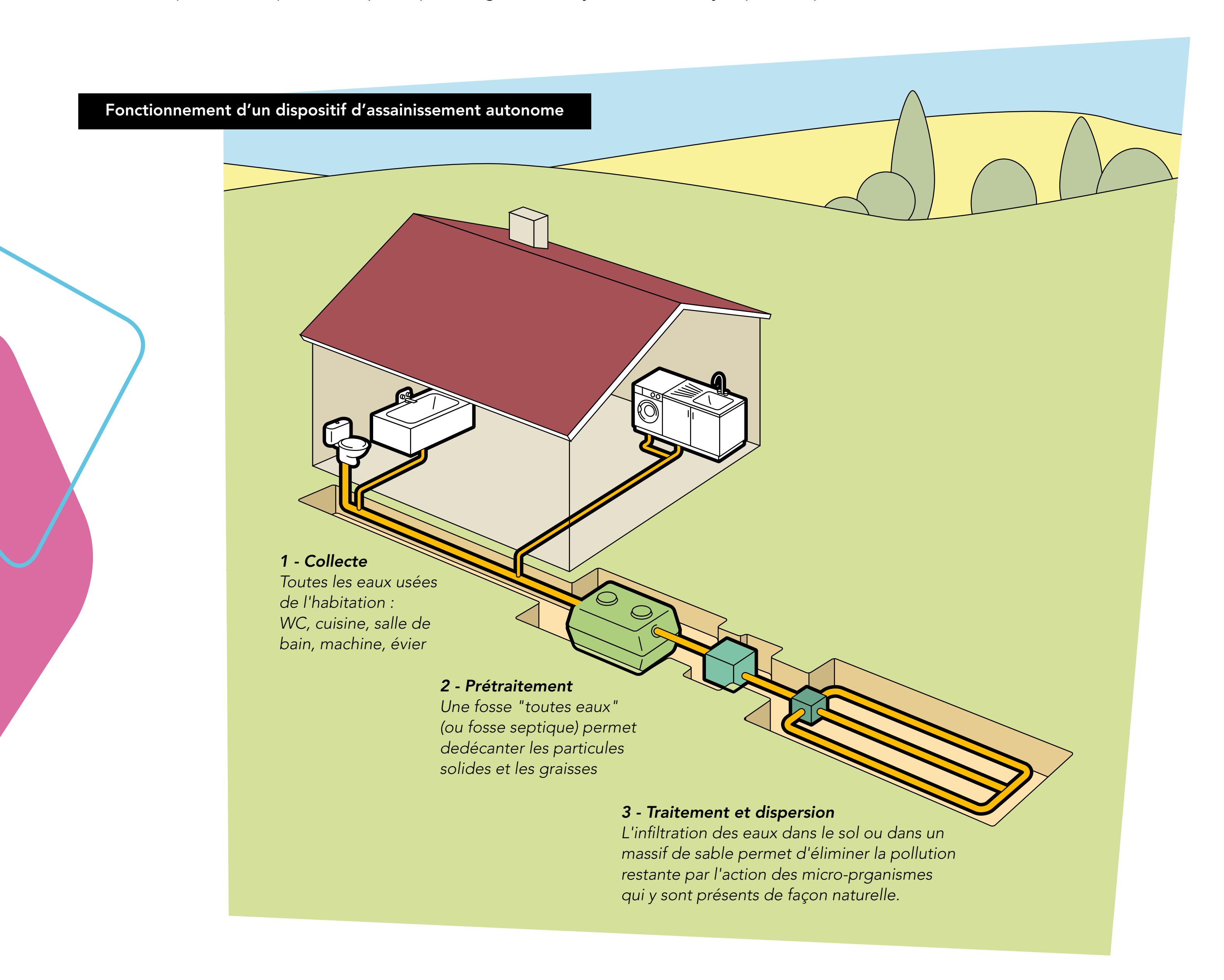


* L'assainissement des eaux usées, C.I.eau (Centre d'Information sur l'eau), 2005, 27 p.
** Équivalent-Habitant (EH) : unité de mesure permettant d'évaluer la capacité de traitement d'une station d'épuration. Cette unité de mesure se base sur la quantité de pollution émise par personne et par jour. Données 2009 du Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement :http://assainissement.developpement-durable.gouv.fr/ .

• **L'assainissement collectif :** on le trouve en zone urbaine ou d'habitat groupé. Les eaux usées sont d'abord collectées dans un réseau d'égouts pour être ensuite acheminées vers une station d'épuration. Il existe de nombreux types de systèmes d'assainissement collectif : des usines d'épuration urbaines (telles celles de l'agglomération parisienne qui seront plus particulièrement décrites dans ce livret), des stations d'épuration de capacité plus modeste ou encore des stations de lagunage (technique naturelle d'épuration basée sur le maintien des eaux dans des étangs, dans lesquels des organismes vivants – bactéries, algues, plantes – absorbent les substances contenues dans l'eau ; elle nécessite une surface importante, ce qui l'empêche d'être utilisée dans les grandes agglomérations).

• **L'assainissement non collectif** (individuel ou autonome) : celui-ci est utilisé en zone d'habitat dispersé. Un système d'assainissement est mis en place pour chaque habitation ou pour un petit groupe d'habitations selon un périmètre délimité. La mise en œuvre de ce type d'assainissement relève de la responsabilité des particuliers. La commune en assure le contrôle, et, si elle le souhaite, en assure l'entretien en échange de prestations financières. Situé sous ou à proximité de la maison, le système comprend en général un dispositif de collecte des eaux usées, une fosse toutes eaux assurant un prétraitement anaérobie, un dispositif d'épuration par épandage et un système de rejet par dispersion dans le sol.

Fonctionnement d'un dispositif d'assainissement autonome



Le cycle domestique de l'eau

LES ÉTAPES DU CYCLE DOMESTIQUE DE L'EAU – EAU POTABLE, EAU USÉE

En région parisienne, **l'eau potable** a une double origine : les prélèvements s'effectuent dans **les eaux de surface** (Seine, Marne, Oise) et **les eaux souterraines** (nappes de l'Albien, du Sparnacien, du Calcaire de Champigny).
L'eau est ensuite traitée dans des **usines de production d'eau potable** – ou usines de potabilisation – qui reproduisent le principe de filtration naturelle du sol, complétée par une filtration sur charbon actif afin d'éliminer les goûts et les odeurs, et par une stérilisation des virus et autres germes pathogènes. **L'eau potable est alors stockée dans des réservoirs** (souterrains ou châteaux d'eau), puis distribuée jusqu'aux habitations et entreprises.
L'eau est alors **utilisée** par différentes catégories de populations (industriels, artisans, familles) et **se charge de divers polluants**. Les eaux usées sont ensuite dirigées dans le **réseau de collecte et de transport des eaux usées** – les égouts – où elles sont rejointes par les **eaux de ruissellement** (l'eau de pluie et les eaux utilisées pour le nettoyage des chaussées).
Les eaux usées sont acheminées dans des **stations d'épuration** où elles vont être dépolluées. Enfin, les eaux sont **rejetées dans le cours d'eau** le plus proche. Le niveau de dépollution atteint par les stations d'épuration permet de ne pas nuire à la biodiversité aquatique.

> LA FACTURE D'EAU ET LA REDEVANCE ASSAINISSEMENT

L'eau subit ainsi deux ensembles de traitements au début et à la fin du cycle domestique de l'eau qui sont financés par les utilisateurs. La facture d'eau est composée de trois parties : eau potable, assainissement et organismes publics ; les deux premières correspondent au coût du service et la dernière alimente différents organismes publics dont l'activité est directement liée à l'eau.
L'usager s'acquitte de la "redevance d'assainissement" *(rubrique "collecte et traitement des eaux usées")* pour les services de collecte, transport et épuration de ses eaux usées. Cette redevance est calculée sur la base de la consommation d'eau et comporte parfois une partie fixe qui correspond à l'abonnement. En outre, une redevance appelée "lutte contre la pollution" est perçue pour le compte des Agences de l'eau et est notamment affectée au financement des équipements de collecte et de traitement. En 2000, la part "assainissement" représentait en moyenne 31 % de la facture d'eau (47 % en y ajoutant la redevance "pollution" des Agences de l'eau)*.

* L'assainissement des eaux usées, C.I.eau (Centre d'Information sur l'eau), 2005, 27 p.

L'ASSAINISSEMENT DANS LE MONDE ET LES MALADIES LIÉES À L'EAU

Le manque d'accès à l'eau potable et à des systèmes sanitaires corrects est responsable de différentes maladies et a des conséquences socio-économiques graves, particulièrement dans certains pays en développement. **L'eau est à l'origine d'un dixième des maladies et de 6 % des décès dans le monde***. L'approvisionnement en eau à consommer et l'évacuation des eaux usées sont étroitement liés et par conséquent, la contamination de la première découle souvent du manque d'assainissement de la seconde. **2,6 milliards de personnes souffrent d'un manque d'accès à des installations d'assainissement amélioré** (39 % de la population mondiale) et près de 1,2 milliard de personnes défèquent à l'air libre (18 % de la population mondiale, données 2008)**. C'est pourquoi une **prise de conscience de la priorité à donner à l'assainissement** se produit depuis quelques années, avec des impacts sanitaires, environnementaux et socio-économiques attendus. Ainsi, l'Assemblée générale des Nations Unies (ONU) a proclamé 2008 Année internationale de l'assainissement. En outre, le développement des toilettes est l'un des objectifs du millénaire pour le développement définis en 2000 : diviser par deux le nombre de personnes n'ayant pas accès à des sanitaires d'ici 2015. Hélas, il est d'ores et déjà avéré que cet objectif ne sera pas atteint partout : on estime qu'il faudra attendre 2019 pour l'Asie du Sud et 2076 pour l'Afrique***.

On parle d'un système d'assainissement amélioré lorsque l'installation garantit une élimination des excréments (confinement et assainissement) de manière à éviter qu'ils ne provoquent des maladies en contaminant les aliments et les sources d'eau. Comme le disait Louis Pasteur : *"Nous buvons 90 % de nos maladies"*. En effet, **l'eau est un vecteur de transmission majeur de maladies** que l'on dit hydriques. Elle véhicule nombre de micro-organismes, parasites et substances toxiques. Ainsi, un gramme de matières fécales contient 100 œufs de parasites, 1 million de bactéries et 10 millions de virus !

Les **parasites** sont des organismes vivants (vers, larves d'insectes, mollusques) qui se nourrissent, s'abritent ou se reproduisent aux dépens d'un autre organisme (l'hôte), qui a lui-même le plus souvent besoin d'eau pour vivre ou se reproduire, d'où la forte présence dans les régions chaudes et humides. La transmission à l'Homme se fait par ingestion ou pénétration à travers la peau, et les maladies qui en résultent sont la bilharziose, l'onchocercose, le paludisme ou la dengue… Ainsi, les vers intestinaux sont transmis par l'absorption de matières fécales ou par contact avec la voûte plantaire, et ont pour conséquences malnutrition, colite, anémie et apathie.

Par ailleurs, de très nombreux **virus et bactéries** vivent et se développent dans l'eau. Ils abondent notamment dans les eaux souillées par les déjections animales et humaines, et leur transmission à l'Homme se fait par simple ingestion d'eau infectée. La contamination des aliments, de l'eau et du sol par des matières fécales se fait par les mains, les mouches, les vidanges dans le milieu naturel et la défécation en plein air, ce qui se produit plus particulièrement dans les pays ne disposant pas de bonnes conditions d'hygiène. En Inde, près de 700 000 intouchables continuent de curer les latrines à la main ****. Un tel environnement conduit inévitablement à des maladies diarrhéiques (gastro-entérite, salmonellose, choléra, fièvre typhoïde…) et la déshydratation qui peut s'ensuivre est la deuxième cause de mortalité infantile, après la pneumonie, provoquant chaque année près de 2 millions de décès d'enfants de moins de cinq ans, soit 5 000 chaque jour. Le système d'assainissement est l'intervention de santé publique la plus rentable pour réduire la mortalité infantile.

* Rapport de l'OMS "Safer water, better health" (De l'eau plus sûre, une meilleure santé)
** Rapport du Programme commun OMS/UNICEF de surveillance de l'approvisionnement en eau et de l'assainissement "Progress on Drinking Water and Sanitation - Special Focus on Sanitation" (Progrès en matière d'eau potable et d'assainissement - une place particulière à l'assainissement) publié en juillet 2008.
*** Assurer l'assainissement pour tous, Arene Île-de-France, pS-Eau, SIAAP, 2009
**** Le Monde, 29 Octobre 2008, Hervé Morin

Dans le monde, 200 millions de tonnes d'excréments humains finissent dans les rivières chaque année, contaminant les eaux de surface, voire les nappes phréatiques, avec des dégradations de la flore et de la faune. L'assainissement permet donc de protéger également **l'environnement**. Enfin, après les dommages sur la santé des populations et sur l'environnement, le manque d'assainissement peut être évalué en termes de **dommages économiques** dus à la perte de productivité (journées de travail perdues pour maladies ou garde d'enfants, temps passé à faire la queue devant des latrines publiques ou à chercher des endroits isolés) et aux dépenses de santé, et en termes de **dommages sociaux** (difficultés d'intégration sociale, faible fréquentation scolaire, notamment des jeunes filles, inégalités hommes-femmes…). Il est avéré que l'assainissement est un **investissement à haute rentabilité économique** : un système d'assainissement amélioré génère 9 dollars de bénéfice pour 1 dollar dépensé*.

La France permet aux communes, aux établissements publics de coopération intercommunale et aux syndicats mixtes chargés des services publics d'eau potable et d'assainissement d'affecter jusqu'à 1 % du budget consacré à ces services à des actions de coopération décentralisée ou de solidarité internationale**.

LES MÉGAPOLES ET LE RISQUE SANITAIRE

"En 2008, pour la première fois de l'histoire de l'humanité, plus de la moitié de la population de notre planète vit en milieu urbain, soit 3,3 milliards d'habitants. D'ici 2030, le nombre de citadins devrait avoisiner les 5 milliards, soit 60 % de la population mondiale", affirme le dernier rapport du Fonds des Nations Unies pour la Population***. Chaque jour, environ 180 000 personnes quittent les zones rurales pour s'installer dans les villes****. Cette croissance urbaine explosive est souvent due autant à l'effondrement des environnements ruraux, à la pauvreté, à la dure condition des paysans sans terre et au manque de possibilités d'emploi qu'à l'attraction de meilleurs emplois et services sociaux dans les villes*****.



Dans les années 1970, l'Organisation des Nations Unies a créé le mot "mégapoles" pour qualifier les agglomérations comptant au moins dix millions d'habitants ; il y avait cinq mégapoles dans le monde entier en 1975. **En 2010, on en comptait 31 :** Tokyo, New York, Mexico, Séoul, Mumbai (Bombay), São Paulo, Manille, Delhi, Djakarta, Los Angeles, Shanghai, Osaka-Kyoto-Kobe, Le Caire, Calcutta, Moscou, Istanbul, Buenos Aires, Dacca, Gauteng, Téhéran, Lagos, Karachi, Londres, Pékin (Beijing), Rio de Janeiro, Paris, Chicago, Ruhr, Bagdad, Bangkok, Kinshasa.

Bidonville à Dhaka, Bangladesh, octobre 2008

* Fiches de l'Année internationale de l'assainissement : www.un.org/french/events/sanitation/media.shtml
** Loi Oudin-Santini de 2005 relative à la coopération internationale dans les domaines de l'eau.
*** L'état de la population mondiale 2007: libérer le potentiel de la croissance urbaine", Fonds des Nations Unies pour la Population (UNFPA)
**** Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) / Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture (UNESCO), 2007.
***** L'état de la population mondiale 2001", Fonds des Nations Unies pour la Population (UNFPA)

L'Asie, où habitent trois cinquièmes des Hommes, abrite la moitié de ces agglomérations urbaines et un citadin du monde sur deux. 2008 est une année charnière pour le phénomène de l'urbanisation : la population urbaine mondiale a dépassé la population rurale**.** De plus, la population des villes s'accroît bien plus vite dans les pays pauvres que dans les pays riches (4,3 % par an en moyenne en Afrique, 1,2 % en Europe)*.

La démographie et la concentration urbaines nécessitent des solutions adéquates en termes d'aménagement de l'espace urbain : habitat, énergie, déplacements, déchets, air et eau. En effet, cette concentration démographique engendre une **concentration des besoins et des dysfonctionnements.** Elle ne va pas forcément avec une augmentation du niveau de vie des populations, bien au contraire, la pauvreté augmente, des perturbations sociales apparaissent et les problèmes environnementaux se multiplient : pollutions de l'eau et du sol (eaux usées jetées sans épuration préalable, rejets industriels), pollution atmosphérique (incinération des déchets, gaz d'échappement), approvisionnement en eau insuffisant (abaissement du niveau des nappes phréatiques), conséquences aggravées des catastrophes naturelles, réchauffement climatique... Selon Loïc Fauchon du Conseil mondial de l'eau, "**les villes sont des bombes sanitaires** dont nous avons allumé les mèches sans savoir comment les éteindre."

Le problème n'est pas tant le nombre d'habitants, mais plutôt la rapidité extrême de la croissance des villes. L'urbanisation, notamment dans les pays en développement, se fait le plus souvent de façon anarchique, sans plan d'urbanisation préalable. Les habitats pauvres, communément appelés bidonvilles ou taudis urbains, s'installent sur des terrains qui peuvent être insalubres, en zone inondable, instable ou sur des versants escarpés, et les habitants peuvent ensuite être plus gravement confrontés à des inondations, des glissements de terrain, des séismes, etc. La gestion de l'eau n'étant pas prévue, des pénuries d'eau apparaissent et l'évacuation insuffisante des eaux usées conduit à l'apparition de maladies. Enfin, l'une des conséquences du changement climatique déjà observable aujourd'hui est l'augmentation du niveau de la mer due au réchauffement des océans (dilatation de l'eau) et à la fonte des glaciers. Or les mégapoles sont le plus souvent situées sur le littoral et seront donc sensibles au recul du trait de côte et à la submersion progressive ou brutale des territoires.

Malgré ces difficultés majeures, experts et décideurs politiques reconnaissent de plus en plus la valeur potentielle du milieu urbain pour la durabilité à long terme de notre civilisation. Si les villes sont causes de problèmes environnementaux, elles sont également porteuses de solutions, et les avantages potentiels de l'urbanisation compensent largement ses inconvénients**. Ainsi, la concentration des humains permet de réaliser des économies d'échelle concernant les coûts de transport, de production et de consommation, et dans la fourniture, par exemple, de l'eau salubre et d'un assainissement efficace***.

* Bulletin mensuel d'information de l'Institut National d'Études Démographiques (INED), juin 2007.
** "L'état de la population mondiale 2007: libérer le potentiel de la croissance urbaine", Fonds des Nations Unies pour la Population (UNFPA)
*** "L'état de la population mondiale 2001", Fonds des Nations Unies pour la Population (UNFPA)

La collecte, le transport et l'épuration des eaux usées

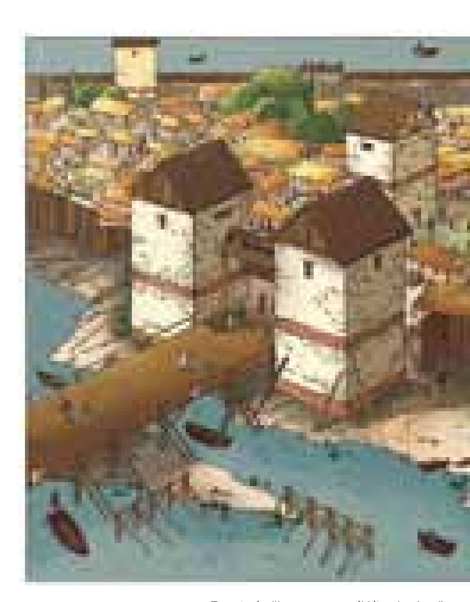
L'HISTOIRE DE L'ASSAINISSEMENT DE PARIS DEPUIS 2000 ANS



L'ÉPOQUE GALLO-ROMAINE

À Lutèce, petite ville prospère qui compte environ 8 000 âmes durant les premiers siècles de notre ère, la plupart des habitants puisent l'eau dont ils ont besoin dans la Seine. Les Romains ont reproduit les fonctionnalités des villes romaines, avec une forte consommation d'eau, et captent pour cela l'eau des sources situées dans la région de Cachan et de Rungis, et la transportent à Paris par des aqueducs.
Il n'existe pas d'égouts, les eaux usées sont rejetées dans les ruelles en terre battue ou dans les champs et rejoignent la Seine par les terrains avoisinants qui jouent le rôle de filtre naturel.

Lutèce - Reconstitution d'un oppidum gaulois sur l'île de la cité ou une autre île de la Seine



Extrait de "Les voyages d'Alix - Lutèce", © Éditions Casterman S.A / Vincent Henin-Jacques Martin Avec l'aimable autorisation des auteurs et des Éditions Casterman

LE MOYEN-ÂGE (DU V[E] AU XV[E] SIÈCLE)



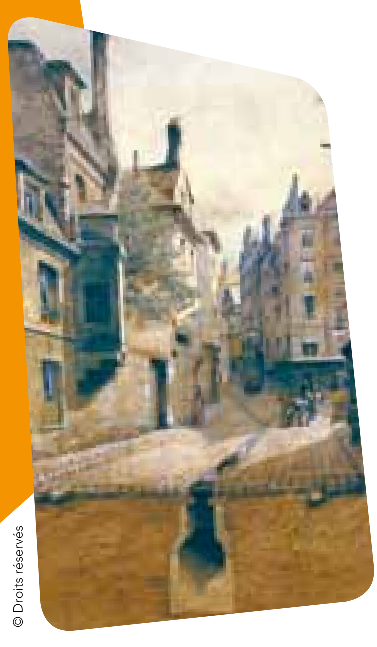
Une rue au Moyen-Âge



Avec l'essor démographique, Paris compte entre 100 000 et 150 000 habitants. La corporation des porteurs d'eau, active jusqu'au XIX[e] siècle, approvisionne les maisons en eau de Seine. Mais le fleuve est pollué par les diverses activités qui se développent sur ses rives. Les eaux ménagères s'accumulent dans les rues pour former des mares putrides et des bourbiers. Elles y sont rejointes par les eaux et les déchets produits par les diverses activités artisanales (boucheries, poissonneries, tanneries, etc.). En 1185, ne supportant plus les odeurs, Philippe-Auguste ordonne de paver les rues principales et crée des fossés centraux pour nettoyer certains quartiers. De cette époque nous vient l'expression "tenir le haut du pavé", un témoignage de l'agencement et de la saleté des rues de Paris en ces temps-là.

En 1347, une terrible épidémie de peste noire s'abat sur l'Europe et décime la moitié de la population. Elle provoque la mort de 80 000 personnes rien qu'à Paris. La peste est véhiculée par les rats et transmise par des puces infectées par une bactérie ; mais à cette époque, on pense que les odeurs transmettent la maladie. Aussi, afin de lutter contre les épidémies et les odeurs pestilentielles, les premiers égouts couverts sont construits à la demande de Charles V à partir de 1370. Les eaux ménagères et pluviales s'y écoulent gravitairement et se déversent dans la Seine. Lorsque ces égouts sont bouchés ou que la rue n'en est pas pourvue, les eaux sont recueillies par des ruisseaux qui fendent la chaussée en son milieu et rejoignent également la Seine.

DE LA RENAISSANCE À LA RÉVOLUTION (DU XVIE AU XVIIIE SIÈCLE)



La rue Sainte-Catherine et son égout. Paris, 1830

Avec l'amélioration progressive du niveau de vie et des guerres moins fréquentes, la population passe de 200 000 à 600 000 habitants. Cependant, la situation sanitaire ne fait qu'empirer. Suite à de nouvelles épidémies (coqueluche, retour de la peste en 1530) et grâce aux conseils de médecins, diverses mesures sont prises en faveur d'une meilleure hygiène dans Paris.
En 1531, François 1er impose sous tous les immeubles des fosses retenant les excréments. Mais ces fosses sont souvent poreuses ou fissurées et laissent s'échapper les matières dans les puits des voisins. En outre, la vidange des fosses devient nécessaire et s'accompagne de terribles nuisances (odeurs, bruit). Leur contenu est transporté et vidé dans des fossés en dehors de la ville. Exposées à l'air libre, ces matières se transforment en matières sèches, revendues comme engrais aux maraîchers voisins.
Par ailleurs, l'élevage est interdit dans Paris (cochons, volailles, lapins, pigeons, etc.). De nouveaux égouts sont construits. Mais rapidement bouchés par des immondices, ces égouts ne sont plus fonctionnels et empestent l'air des Parisiens. Vers 1550, Henri II impose le nettoyage fréquent des rues et tente de faire établir un relevé des égouts pour les nettoyer mais il apparaît impossible de les repérer. Le réseau d'égouts atteint 26 km à la Révolution. En 1578, Henri IV décide le remplacement des pavés par de grandes dalles appelées carreaux, d'où découle l'expression "rester sur le carreau".
Les eaux usées sont toujours rejetées dans la Seine, où l'on puise l'eau à consommer. La qualité de l'eau du fleuve se dégrade fortement.



LE XIXE SIÈCLE

Avec l'exode rural, la population parisienne atteint à la fin du siècle 2 millions d'habitants. En 1832 et 1848, deux grandes épidémies de choléra ravagent la ville. Avec plus de 40 000 morts, elles soulèvent cruellement les problèmes d'hygiène publique. En effet, la contamination se fait oralement, par des aliments ou de l'eau de boisson souillés par des matières fécales. Les eaux usées sont donc un vecteur de propagation très fort. Les classes supérieures quittent les quartiers Est, qu'elles partageaient avec les classes populaires, et se font bâtir des immeubles dans les quartiers Ouest, où l'air est réputé plus sain du fait de la direction principale des vents : venant de l'Ouest, ils propagent vers l'Est les pollutions atmosphériques des usines. De manière inattendue, le choléra va avoir des effets bénéfiques sur l'assainissement…
À partir de 1853, Napoléon III, qui veut une capitale aussi prestigieuse que son pouvoir, nomme le Baron Haussmann Préfet de Paris pour une campagne intitulée "Paris embellie, Paris agrandie, Paris assainie". L'idée maîtresse des travaux est une meilleure circulation de l'air et des hommes, en adéquation avec les théories hygiénistes et par une restructuration globale de l'espace urbain.
Le Baron Haussmann confie à l'ingénieur hydrologue Eugène Belgrand la responsabilité du service des eaux. Ensemble ils modifient le paysage de Paris et révolutionnent l'assainissement en s'attaquant au double problème de la capitale : l'alimentation en eau potable et l'évacuation des eaux usées.
L'eau destinée à la consommation humaine est désormais recherchée à l'amont de Paris. Elle est soit captée en profondeur ou au niveau de sources, soit prélevée dans la Seine et la Marne puis filtrée, avant d'être conduite jusqu'à Paris dans des aqueducs fermés, à l'abri des pollutions.



Les grands travaux de Paris. Percement du boulevard Saint-Germain en 1877

Coupe de maison montrant l'installation du tout-à-l'égout à Paris, vers 1900 (Musée d'hygiène de la Ville de Paris)



S'inspirant de la Rome antique (et de sa Cloaqua Maxima*), Belgrand conçoit un **réseau d'égouts unitaire** (il reçoit les eaux usées et pluviales), **visitable** (un homme peut y accéder) **et gravitaire** (l'eau s'écoule selon la pente naturelle). Il développe le réseau d'égouts (un dans chaque rue) qui atteint à la fin du siècle 600 km, alors le plus grand réseau du monde. Les eaux usées sont acheminées vers l'aval de Paris par un collecteur général gravitaire et rejetées dans la Seine au niveau d'un exutoire unique à Clichy (92). Paris intra-muros est débarrassé des pollutions produites par la ville, ce qui permet d'éradiquer les épidémies. La situation au niveau de l'exutoire est moins réjouissante, l'eau noirâtre n'autorise plus aucune forme de vie aquatique. L'air devient irrespirable pour les riverains. La concentration en un même point de toute la pollution parisienne empêche le fleuve d'exercer son pouvoir d'auto-épuration, il devient un égout à ciel ouvert.

En 1894, la loi du tout-à-l'égout impose le raccordement des immeubles au réseau d'égout et induit l'évacuation de toutes les eaux usées, y compris les matières fécales anciennement retenues dans les fosses. Cela amplifie le phénomène des eaux noires au niveau de l'exutoire.

Afin de lutter contre cette pollution, **l'épandage** (ou irrigation) **agricole** est créé dans des plaines du nord-ouest parisien. L'eau est transportée par un émissaire, un égout géant. Une usine de relevage des eaux est construite à Colombes (92) afin de permettre à cet émissaire de traverser la Seine au moyen d'un pont qui est toujours en place. L'épandage agricole permet d'exploiter à la fois le caractère fertilisant des eaux usées et le pouvoir épurateur des plantes (céréales, légumes, fourrages). De l'eau usée est déversée sur des champs d'épandage et s'infiltre dans le sol. Des éléments nutritifs sont alors captés par les racines des plantes. Récupérée par des drains, l'eau épurée rejoint ensuite la Seine et ne cause plus de dommages à l'environnement aquatique.



Usine d'épuration Seine amont (SIAAP)

LE XXE SIÈCLE

Au début des années 1920, l'évolution démographique et l'accroissement des volumes d'eau consommés et rejetés rendent l'utilisation des champs d'épandage insuffisante, d'autant que leur extension est devenue impossible à cause de l'urbanisation des banlieues. Il devient urgent de trouver de nouveaux systèmes d'épuration. La Ville de Paris crée sur le site de Colombes son centre expérimental, qui va tester différents procédés prototypes de décantation et de traitement biologique.

En 1929, un programme général d'assainissement du département de la Seine (comprenant Paris et partiellement les départements actuels des Hauts-de-Seine, de la Seine-Saint-Denis et du Val-de-Marne) est mis en place. Les eaux usées sont transportées au moyen de quatre émissaires d'un diamètre de quatre mètres depuis Paris vers une usine d'épuration construite à partir de 1939 à Achères et Maisons-Laffitte (78). Cette usine est toujours le site de dépollution le plus important d'Europe.

Avec l'explosion démographique de l'agglomération parisienne, qui atteint aujourd'hui 10 millions d'habitants, il y a toujours plus d'eau à traiter. Aussi, de nouvelles usines d'épuration sont progressivement construites. En 1968, le programme est révisé afin de prendre en compte les zones amont de Paris, c'est-à-dire la banlieue Est de la capitale, et aboutit à la construction de deux autres stations d'épuration. Ces dernières années, deux usines de conception beaucoup plus moderne sont édifiées au nord-ouest de l'agglomération (dont une sur le site du centre expérimental).

* Égout construit à partir du VIIe siècle avant J-C pour assécher les bas-fonds de Rome. À partir du IIe siècle après J-C, il devient un vrai égout souterrain de collecte des eaux usées et pluviales. D'une longueur d'environ 800 mètres, il se déverse dans le Tibre.

L'ASSAINISSEMENT EN ÎLE-DE-FRANCE AU XXIE SIÈCLE

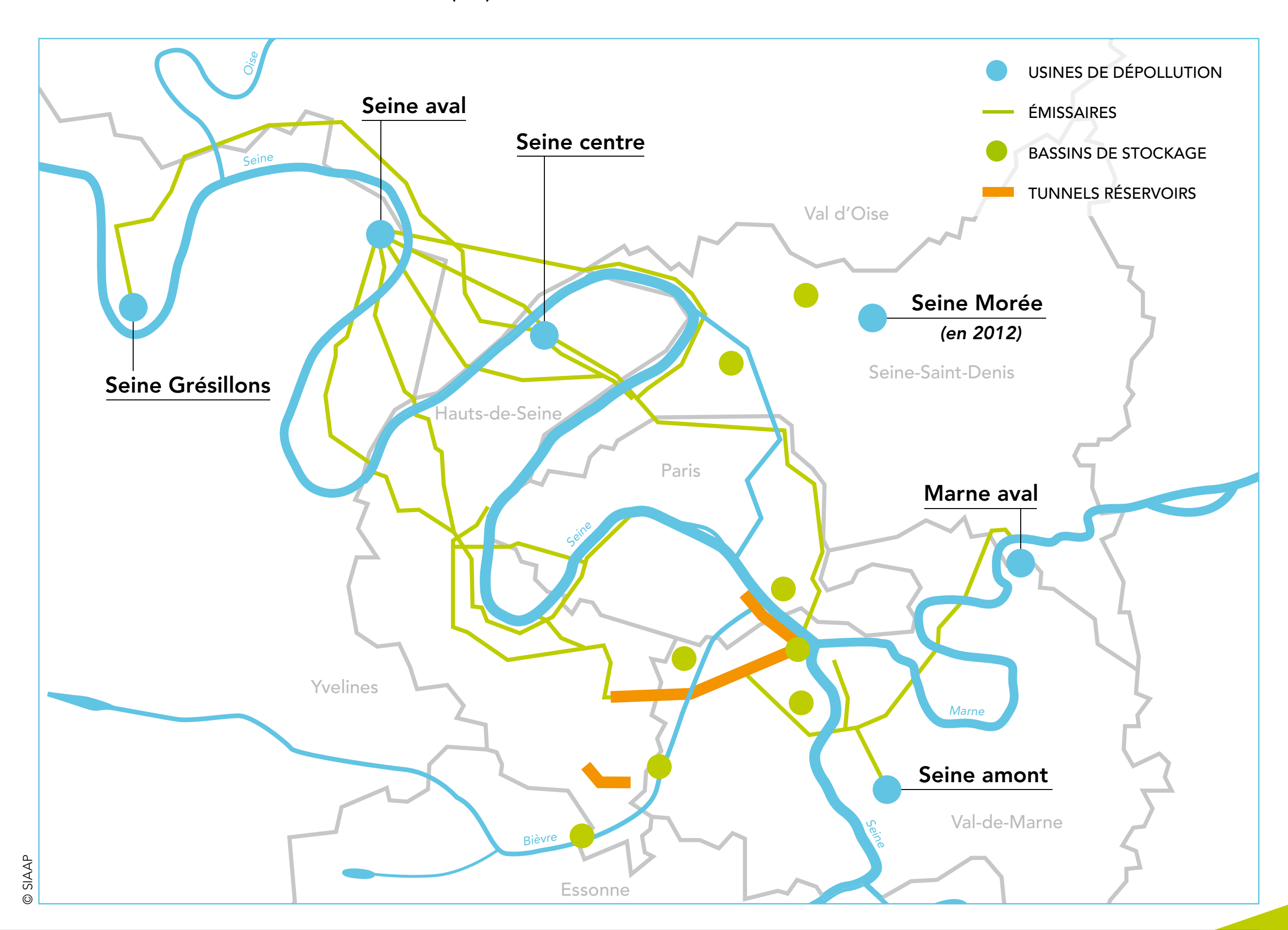
AUJOURD'HUI

En Île-de-France, il y a environ 530 stations d'épuration pour une population de 11,7 millions d'habitants en 2009 (INSEE) : Paris (0 station d'épuration), Hauts-de-Seine (1), Seine-Saint-Denis (2), Val-de-Marne (1), Seine-et-Marne (284), Yvelines (140), Essonne (60), Val-d'Oise (42). Toutefois, les trois quarts des eaux usées urbaines produites sont éliminées par les cinq usines du SIAAP, ce qui représente 8,6 millions d'habitants.

Le territoire couvert par **le SIAAP** est situé dans la zone centrale de la région francilienne : l'agglomération parisienne. Le Syndicat regroupe les quatre départements centraux de la région parisienne (Paris, Hauts-de-Seine, Seine-Saint-Denis et Val-de-Marne), mais sa zone de collecte s'étend sur certaines communes de la Seine-et-Marne, des Yvelines, de l'Essonne et du Val-d'Oise, pour un total de 286 communes franciliennes.

Une fois les eaux collectées dans les égouts gérés par les collectivités (communes et départements), le SIAAP prend le relais grâce à un gigantesque maillage souterrain de 430 km, composé d'énormes canalisations de 2,5 à 6 mètres de diamètre (collecteurs et émissaires) qui acheminent les effluents jusqu'aux usines. Il gère quotidiennement 2,5 millions de mètres cubes d'eau, transportés puis traités par ses cinq usines (six en 2012) de dépollution des eaux usées (données indiquées ci-dessous : nom de l'usine – département – année de mise en service), qui rejettent l'eau épurée dans la Seine et la Marne, un affluent du fleuve.

- **Seine aval** à Maisons-Laffitte, Saint-Germain-en-Laye et Achères (78) - **1940** *(modernisation jusqu'en 2020)*
- **Marne aval** à Noisy-le-Grand (93) - **1976** *(nouvelle usine en 2010)*
- **Seine amont** à Valenton (94) - **1987** *(extension en 2006)*
- **Seine centre** à Colombes (92) - **1998**
- **Seine Grésillons** à Triel-sur-Seine (78) - **2006** *(extension en 2012)*
- **Seine Morée** au Blanc-Mesnil (93) - **2012**





DEMAIN

Une sixième usine d'épuration est actuellement mise en place au Blanc-Mesnil (93) afin de compléter le système d'assainissement en agglomération parisienne. Elle se nomme Seine Morée, du nom d'une petite rivière urbaine dans laquelle elle rejettera ses eaux propres à partir de 2012.

En outre, les autres usines continuent d'être modernisées afin de demeurer à la pointe de la technologie de l'assainissement. La plus ancienne, Seine aval, va voir ses procédés de traitement des eaux complètement transformés durant la prochaine décennie…

LA RÉGLEMENTATION DE L'ASSAINISSEMENT

Les professionnels de l'assainissement sont confrontés régulièrement à de nouvelles normes européennes pour la préservation de la qualité de l'eau et des milieux aquatiques, qui requièrent des investissements massifs.

Quelques dates à retenir :

1991 : DIRECTIVE EAUX RÉSIDUAIRES URBAINES – DERU

La DERU a pour objectif d'empêcher la détérioration de l'environnement due au rejet des eaux usées dans le milieu naturel. Pour cela, **elle impose la collecte des eaux usées dans les agglomérations et fixe des obligations de traitement dans une station d'épuration,** avec des dates limites de respect des normes selon la taille des agglomérations et la sensibilité du milieu naturel (1998, 2000 et 2005). De plus, la DERU demande l'identification de "zones sensibles" sujettes à l'eutrophisation* et la mise en œuvre de traitements plus rigoureux dans ces zones. Suite à sa condamnation en 2004 par la Cour de justice des Communautés européennes, la France a classé l'ensemble du bassin de la Seine en zone sensible ; le traitement plus rigoureux de l'azote et du phosphore y est exigé pour les stations d'épuration des agglomérations de plus de 10 000 Équivalents-Habitants.

1992 : LOI SUR L'EAU

L'eau devient "patrimoine commun de la nation". Sa protection, sa mise en valeur et le développement de sa ressource utilisable sont donc d'intérêt général. Cette loi **impose que tout lieu d'habitation soit raccordé à un système d'assainissement** d'ici à 2005. Le but d'un tel principe est de permettre de collecter toutes les eaux usées domestiques, quel que soit leur lieu d'émission, afin de les épurer par traitement des substances qu'elles véhiculent et de rejeter ensuite, dans le milieu naturel, une eau aussi "propre" que possible.

2000 : DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU – DCE

La DCE donne pour **objectif d'atteindre un bon état écologique des eaux superficielles et souterraines d'ici à 2015** et définit des projets pour la préservation et la restauration des eaux. Entre la DERU et la DCE, **la législation est passée d'une obligation de moyen à une obligation de résultats.**

2006 : LOI SUR L'EAU ET LES MILIEUX AQUATIQUES – LEMA

La LEMA reconnaît la compétence des départements, et plus seulement des communes, pour assurer l'assainissement collectif des eaux usées (c'est le cas du SIAAP) ; elle met en place un fonds de garantie lié à l'épandage des boues d'épuration et crée une taxe pour la collecte, le transport, le stockage et le traitement des eaux pluviales.

* Eutrophisation : enrichissement d'une eau en sels minéraux entraînant la prolifération de la végétation aquatique et l'appauvrissement du milieu en oxygène (notion expliquée page 25 dans le chapitre "Les rejets d'eau non traitée et leurs impacts sur les milieux aquatiques").

** Équivalent-Habitant (EH) : unité de mesure permettant d'évaluer la capacité de traitement d'une station d'épuration. Cette unité de mesure se base sur la quantité de pollution émise par personne et par jour.



© SIAAP

LES EAUX USÉES ET LES POLLUTIONS

LES DIFFÉRENTES ORIGINES DES EAUX USÉES

Trois grandes classes d'eau usées sont couramment décrites :

- **Les eaux domestiques,** consommées et rejetées à la maison pour l'hygiène corporelle, les sanitaires et les tâches ménagères, sont chargées de détergents, de graisses, de solvants et de débris organiques. Les eaux des toilettes contiennent des matières carbonées, azotées et phosphorées. Le volume d'eaux usées provenant des usages domestiques est compris en moyenne entre 150 et 200 litres par individu et par jour.
- **Les eaux industrielles et artisanales** proviennent d'usages très variés (solvant de réaction, nettoyage et rinçage, dépoussiérage et lavage de gaz) et comportent des matières en suspension, des matières organiques, des produits azotés et phosphatés, ainsi que divers produits toxiques.
- Durant leur trajet aérien et le ruissellement sur différentes surfaces, **les eaux pluviales** se chargent d'impuretés et de polluants liés au mode de vie urbain (fumées industrielles, huiles et essences de véhicules, sables, déchets, déjections animales, etc.).

Pour appréhender simplement les principes et procédés mis en jeu dans l'épuration des eaux usées, il convient de caractériser les différentes formes de pollution que l'on souhaite éliminer. Chaque forme de pollution présente un risque particulier pour l'environnement en cas de rejet dans le milieu naturel. En outre, chaque forme de pollution doit faire l'objet de procédés de traitement adaptés pour être éliminée.



© SIAAP

LES DIFFICULTÉS POSÉES PAR LES EAUX PLUVIALES EN RÉSEAU UNITAIRE

Lorsque les eaux de pluie rejoignent dans un même circuit les eaux salies par les activités domestiques et industrielles, on parle de réseau unitaire. Cela induit plusieurs problèmes. Lors d'épisodes pluvieux importants, la saturation des réseaux est atteinte par endroit, ce qui peut provoquer des débordements et des rejets dans les rivières d'eaux usées non traitées : pollution du milieu naturel et forte consommation d'oxygène par les bactéries dégradant la pollution induite, qui n'est alors plus disponible pour les poissons.
De plus, l'augmentation brutale du débit d'eau accepté par les usines n'est pas toujours compatible avec un fonctionnement optimisé des ouvrages de traitement. Dans une région comme l'Île-de-France, dont la moyenne annuelle des précipitations s'élève à 700 mm, les eaux pluviales représentent un volume d'eau supplémentaire à traiter de 30 %.
Une solution retenue est donc de stocker une grande partie de cette eau de pluie dans des réservoirs. Après le retour à la normale, les eaux recueillies sont acheminées vers les sites de dépollution pour y être traitées.

LES DIFFÉRENTES FORMES DE POLLUTION DES EAUX USÉES

• **Les matières flottantes**
Il s'agit d'objets légers de toute nature, plus ou moins volumineux : matières plastiques, chiffons, feuilles mortes, débris végétaux, bidons, mais aussi des huiles, graisses ou hydrocarbures divers.
• **Les matières lourdes**
Dans cette catégorie, nous trouvons essentiellement des matières minérales lourdes qui tombent au fond de l'eau (sables et graviers arrachés des revêtements routiers ou des sols naturels).
• **Les matières en suspension**
Ce sont de fines particules minérales et organiques véhiculées en suspension dans l'eau. Lorsque leur densité est suffisante et que le courant de l'eau est affaibli, elles peuvent tomber au fond du bassin, on dit alors qu'elles sont décantables.
• **Les matières dissoutes**
Il s'agit de composés qui constituent un mélange homogène avec l'eau, constitués pour l'essentiel de carbone, d'azote et de phosphore.

Cette typologie des formes de transport des pollutions permet de mieux comprendre les différentes étapes de traitement d'une station d'épuration.

LES ÉTAPES DE TRAITEMENT D'UNE STATION D'ÉPURATION *(schéma p. 18-19)*

Les trois premiers types de pollution – matières flottantes, lourdes et en suspension – sont éliminés par des traitements physiques ou physico-chimiques : prétraitement et décantation primaire. Les matières dissoutes, quant à elles, doivent faire appel à des traitements biologiques, souvent appelés secondaires.

LE PRÉTRAITEMENT

• **Le dégrillage**
Le dégrillage est destiné à retenir les **déchets volumineux.** À son arrivée à l'usine d'épuration, l'eau passe par des grilles mécaniques de plus en plus fines :
- un dégrillage grossier, avec un espacement entre les barreaux de 3 à 10 cm
- un dégrillage fin : 1 à 3 cm
- parfois, un dégrillage très fin, le tamisage : 2 à 5 mm.

Le nettoyage de ces grilles est automatique pour éviter le colmatage. Il est assuré par un peigne monté sur un treuil qui extrait les produits retenus sur la grille. Ces déchets sont compactés et évacués vers une usine d'incinération d'ordures ménagères.

• **Le dessablage**
Dans le bassin suivant, la vitesse de l'eau est réduite. Les **matières minérales lourdes** se déposent au fond du bassin, d'où ils sont extraits par raclage. Il s'agit de les retenir car ils pourraient être responsables d'abrasion sur les pompes et tuyauteries, de bouchage et d'ensablement d'ouvrages. La **sédimentation** ne doit toutefois pas toucher les matières en suspension organiques, faute de quoi, le produit de dessablage constituerait un magma malodorant. Les sables peuvent être lavés en vue de leur valorisation (remblai routier) ou évacués en décharge (aujourd'hui appelées Centres d'Enfouissement Technique).



USINE DE TRAITEMENT DES EAUX SALIES

© SIAAP

Dégrillage

2 Dessablage Déshuilage

3

TRAITEMENT DES BOUES

BASSIN DE STOCKAGE

réactifs

6 Digestion

7 Déshydratation

air chaud

8 Séchage

• • •

• Le dégraissage ou déshuilage

Le principe physique est simple. Les graisses et huiles étant plus légères que l'eau, il suffit de ralentir suffisamment la vitesse pour que les particules légères remontent à la surface et soient piégées. Toutefois, les particules graisseuses sont très fines et les forces de capillarité s'opposent à la poussée d'Archimède. Pour améliorer le rendement de séparation, on peut diffuser de très fines bulles d'air. Celles-ci se collent sur les particules et les font flotter plus rapidement. Le déshuilage est effectué dans le même bassin que le dessablage. Un râteau racle les graisses en surface. Le problème de l'évacuation des graisses est plus délicat. L'incinération constitue une bonne solution mais la difficulté réside dans la séparation de l'eau et des graisses.

Diffusion d’oxygène

bactéries

Décantation

4 Épuration biologique

5 Retour au fleuve



LA DÉCANTATION PRIMAIRE

C’est la suite du traitement physique. La décantation primaire agit sur les **matières en suspension** (MES), des fines particules insolubles dans un liquide. Le lent passage de l’eau dans des bassins - les décanteurs primaires – permet aux forces de gravité de faire tomber ces matières au fond. Un racleur permet de rassembler les **boues** déposées vers le centre de l’ouvrage, puis des pompes les évacuent vers les installations de traitement des boues.
Désormais, dans les stations modernes, ce traitement peut être amélioré et devient **physico-chimique.** On peut augmenter le rendement de la décantation en utilisant des réactifs chimiques. Ceux-ci permettent d’agglomérer les fines particules en éléments plus gros qui décantent plus vite.

L'ÉPURATION BIOLOGIQUE

À ce stade, il reste essentiellement la pollution sous forme soluble, qu'elle soit carbonée, azotée ou phosphorée. Les traitements physiques ne permettent pas de retirer la pollution dissoute. La voie biologique constitue alors la forme d'élimination la plus compétitive économiquement. Il s'agit d'utiliser la grande diversité des bactéries naturellement présentes dans l'eau et leurs métabolismes dans des applications pour le traitement des eaux usées. À chaque composé à éliminer, une technique particulière a été adaptée aux spécificités bactériennes. L'abattement du carbone, la nitrification, la dénitrification et la déphosphatation sont les principales réactions biologiques bactériennes utilisées à des fins de dépollution.
À partir de la pollution, l'activité bactérienne assure la transformation de la matière organique en gaz (gaz carbonique, azote) d'une part et en cellules nouvelles d'autre part. Les cellules nouvelles correspondant à l'élimination de la pollution sont évacuées sous forme de boues en excès.
La technique la plus ancienne et la plus développée consiste en des **cultures libres de bactéries,** encore appelées des **boues activées.** En pratique, le système se compose d'un bassin d'aération (milieu aérobie nécessitant la fourniture d'oxygène) où les colonies bactériennes sont mises en cultures dans l'eau pour former les boues activées. L'eau épurée est séparée des boues dans un ouvrage de **clarification** appelé décanteur secondaire. Les boues décantées sont renvoyées en tête de bassin afin de maintenir une concentration bactérienne optimale, alors que l'eau épurée est évacuée vers le milieu naturel.
Dans la technique des **cultures fixées,** les bactéries forment un biofilm en se fixant sur un matériau support (des billes d'argile ou de polystyrène). Cela permet une concentration de la biomasse active et l'épuration de charges polluantes très élevées. En pratique, l'effluent traverse le matériau filtrant soit en flux ascendant, soit en flux descendant. Dans le cas des cultures fixées, il n'y a pas besoin de clarification ; l'ouvrage est donc plus compact, ce qui est particulièrement adapté aux stations d'épuration urbaines.
L'eau épurée – mais non potable – est enfin rejetée dans la rivière.

LE TRAITEMENT ET LA VALORISATION DES BOUES

Une station d'épuration produit **trois grands types de boues :**

- les boues primaires (matières organiques décantées)
- les boues physico-chimiques (matières organiques agglomérées par un réactif)
- les boues biologiques (bactéries nourries de matières organiques).

Quel que soit le mode d'épuration des eaux usées, les boues sont initialement constituées d'eau (99 %), de matière organique fraîche très fermentescible (pouvant fermenter) et de matières minérales dissoutes ou insolubles*. Elles présentent un potentiel pathogène fort.

En vue de leur valorisation, des traitements sont appliqués aux boues :
- pour **réduire leur teneur en eau :** épaississement par gravité, déshydratation partielle (moins de 80 % d'eau), centrifugation (70 % d'eau) ou séchage presque total (5 à 10 % d'eau) ;
- pour **stabiliser la matière organique,** en diminuant sa fermentescibilité pour réduire ou supprimer les mauvaises odeurs (la digestion permet aux bactéries de transformer la moitié des matières organiques en gaz – gaz carbonique CO_2 et méthane CH_4 - réutilisés comme source d'énergie) ;
- pour **les hygiéniser,** si nécessaire, en détruisant les micro-organismes pathogènes.

* ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie) - le traitement des boues : www.ademe.fr/partenaires/Boues/Pages/chap14.htm



Il est important de choisir le mode de traitement des boues en fonction du débouché envisagé. Il existe à l'heure actuelle **différentes filières de valorisation,** principalement en lien avec le monde agricole.
La valorisation agricole se fait par **épandage des boues déshydratées** sur des terres cultivables. Les boues contiennent des éléments nutritifs utiles au développement des plantes. Elle est possible après contrôle de la qualité des boues (pour vérifier leur teneur en polluants toxiques et agents pathogènes). Après une stabilisation à la chaux, le fertilisant créé, riche en phosphore, azote, magnésie, potasse et oligo-éléments, est évacué par camion ou péniche.
Les boues peuvent également être déshydratées de façon plus poussée dans un ouvrage spécifique appelé sécheur thermique afin d'éliminer l'humidité résiduelle et obtenir des **granulés.** Ceux-ci sont valorisés comme engrais en agriculture ou, depuis quelques années, dans les espaces verts des collectivités territoriales. Ils sont aussi utilisés comme combustibles.
Une autre filière de valorisation est le **compostage.** Il consiste à mélanger des boues déshydratées et des co-produits (déchets verts, ordures ménagères, papiers-cartons, etc.), puis à laisser évoluer naturellement l'ensemble pendant plusieurs semaines. Une partie de la matière organique est dégradée par des bactéries et se transforme en matière minérale assimilable par les végétaux. À partir de deux déchets, on obtient donc un compost inodore et facilement utilisable.

Quand ces filières de valorisation ne peuvent être envisagées, il existe **plusieurs filières d'élimination des boues,** où une valorisation énergétique est privilégiée.
Afin d'éliminer les boues non-conformes à l'épandage, celles-ci peuvent être incinérées. Durant cette opération, les fumées de la combustion sont lavées et filtrées avant rejet dans l'atmosphère. Cette voie permet la **récupération de chaleur et d'énergie.** Les cendres sont évacuées vers des centres d'enfouissement technique ou intégrées à des matériaux de construction (ciment, isolants, etc.).
En dernier recours, les boues sont évacuées en centres d'enfouissement technique.



LA MAÎTRISE DES ODEURS

Des nuisances olfactives peuvent être générées par la dépollution des eaux et le traitement des boues. Le couvrement progressif des installations est la solution incontournable. Il est complété par la mise en place de techniques de désodorisation : les gaz sont captés, puis envoyés dans des tours de lavage où ils sont éliminés à l'aide de procédés physico-chimiques (produits utilisés : acide, soude, javel) ou biologiques (pouvoir épurateur de certaines bactéries).

La protection des milieux aquatiques

LES REJETS D'EAU NON TRAITÉE ET LEURS IMPACTS SUR LES MILIEUX AQUATIQUES

Les rejets ponctuels ou diffus d'eau non traitée dans un cours d'eau entraînent un nombre important de pollutions, avec des nuisances consécutives diverses. Tous les polluants ne présentent pas les mêmes risques pour les milieux aquatiques, cela dépend notamment de leur biodégradabilité et de la capacité des écosystèmes à transformer et éliminer les substances afin d'assurer le maintien de l'équilibre naturel et de la qualité des eaux, on parle d'**auto-épuration.** À partir de la typologie des pollutions présentée précédemment, l'impact sur le milieu aquatique peut être expliqué.

LES MATIÈRES FLOTTANTES

Les éléments volumineux en surface de l'eau constituent une importante pollution visuelle, ce qui justifie leur élimination. Mais le risque ne se limite pas à cela. La présence d'un film gras à la surface de l'eau peut gêner les **échanges air-eau** (empêchant l'oxygène de l'air de pénétrer dans l'eau et de s'y dissoudre), ainsi que la pénétration des rayons du soleil (indispensables à la **photosynthèse**, c'est-à-dire à la croissance végétale et à la production d'oxygène), privant ainsi le milieu aquatique de ses deux sources d'oxygène.

LES MATIÈRES LOURDES

Le rejet de matières lourdes dans le fleuve entraîne la formation de dépôts, source d'envasement et de colmatage du fond et des berges, interdisant les **échanges avec le sous-sol,** notamment avec les eaux des nappes souterraines. Ces dépôts de nature partiellement organique sont le siège d'une **prolifération bactérienne** entraînant une importante **consommation d'oxygène** pouvant conduire le fleuve à un état d'anoxie ou d'anaérobiose (états présentant respectivement une diminution ou une absence d'oxygène). On rentre alors dans un cycle de putréfaction avec des dégagements de gaz nauséabonds. Au-delà de cet impact immédiat, une toxicité à long terme est à redouter en raison de la présence dans ces matières de **micropolluants**, notamment de métaux lourds.

LES MATIÈRES EN SUSPENSION

Les matières en suspension, d'origine naturelle ou anthropique, peuvent se déposer sur les **branchies des poissons** et les colmater, ce qui asphyxie les espèces les plus sensibles. Cette pollution particulaire empêche également la pénétration des rayons solaires dans l'eau. Enfin, elle constitue une réserve de pollution potentielle dans les sédiments.

LES MATIÈRES DISSOUTES

Le trouble occasionné par les matières dissoutes dans l'eau contribue à limiter la propagation des rayons lumineux et donc la photosynthèse. Leur nature constitue de plus un substrat de choix pour les bactéries qui vont proliférer en consommant l'oxygène disponible. Enfin, elles risquent de modifier l'équilibre du milieu naturel par un **apport excessif d'éléments nutritifs** pour les plantes, entraînant leur prolifération.
Plusieurs classes de matières dissoutes peuvent être distinguées.

- **La pollution carbonée**

Cette pollution organique est d'origine domestique (restes de nourriture, excréments), industrielle (papeteries, tanneries, abattoirs, laiteries, huileries, sucreries...) ou agricole (lisiers). Elle induit une forte consommation d'oxygène, préjudiciable à la faune.

- **Les pollutions azotées et phosphorées**

Les matières azotées et phosphorées, dont les plus connus sont les nitrates et les phosphates, proviennent à la fois de l'agriculture (engrais organiques et chimiques) et des activités domestiques (urine, excréments, détergents). Lorsqu'un écosystème aquatique reçoit trop de matières nutritives, les algues et les plantes aquatiques prolifèrent, on parle d'eutrophisation.

L'EUTROPHISATION est l'**enrichissement des eaux en matières nutritives,** qui entraîne une série de changements dans les milieux aquatiques touchés, tels que le **développement accru des algues et des végétaux,** la dégradation de la qualité de l'eau et les impacts indésirables sur les divers usages de l'eau (notamment la production d'eau potable). La conséquence la plus dommageable est liée à la croissance forte des algues et végétaux. Lorsque ceux-ci meurent, leur décomposition produit une grande quantité de matières organiques, alors dégradées par des bactéries. Lors de cette dégradation, les bactéries consomment beaucoup d'oxygène, provoquant l'**asphyxie du milieu aquatique.**
Les lacs et étangs sont plus sensibles que les cours d'eau à ce phénomène du fait du confinement de leurs eaux (température plus élevée, moins de renouvellement des eaux). Dans les petites rivières et les lacs, l'eutrophisation se manifeste par une croissance excessive de **végétaux fixés** qui encombrent le lit de la rivière, alors que dans les grandes rivières, elle est liée au développement d'**algues planctoniques microscopiques.** Le développement printanier et estival du phytoplancton est déclenché par la chute du débit du cours d'eau et l'augmentation de la température de l'eau et de la luminosité. Les floraisons phytoplanctoniques sont à caractère explosif et variable (par leur date d'arrivée, leur durée et leur intensité), et peuvent entraîner des efflorescences formant des eaux colorées (rouge, brun, vert en fonction du type de phytoplancton : les diatomées sont brunes, les chlorophycées vertes, les cyanobactéries bleues).
Les régions littorales ne sont pas épargnées par l'eutrophisation car leurs eaux sont peu brassées et reçoivent beaucoup de rejets issus de l'activité humaine. C'est en particulier le cas de nombreux estuaires et baies en Bretagne, notamment stigmatisés par les "marées vertes" observées en été. Une algue verte, l'ulve (ou laitue de mer), envahit les plages ; il y a peu de conséquences sur les écosystèmes, mais considérablement sur l'économie du tourisme littoral... En outre, des contraintes fortes sont liées au ramassage et à l'élimination de ces algues présentes en quantité impressionnante.
Par ailleurs, et cela sur tout le littoral français, certaines espèces phytoplanctoniques se révèlent toxiques et peuvent entraîner des troubles chez les consommateurs de coquillages (Dinophysis producteur d'une toxine diarrhéique, Alexandrium producteur d'une toxine paralysante et Pseudo-nitzschia producteur d'une toxine amnésiante). Ces espèces sont donc surveillées ; lorsqu'elles sont détectées, des mesures d'interdiction de la pêche et de la commercialisation des coquillages sont prises.

La plupart des types de pollution contribuent à **modifier l'équilibre en oxygène de la rivière :** l'apport est diminué et la consommation est augmentée. Il en résulte une diminution de la teneur en oxygène dissous de la rivière.

CAS DES MICROPOLLUANTS

L'activité humaine génère de nombreuses molécules que l'on retrouve dans les eaux, avec une toxicité sur le milieu naturel et sur l'Homme plus ou moins forte.

- **La pollution chimique** (hydrocarbures, composés organiques de synthèse)

Deux familles de pollutions chimiques tristement célèbres sont ici présentées.
Les PolyChloroBiphényles (PCB) sont des dérivés chimiques chlorés utilisés dans l'industrie depuis les années 1930 jusqu'en 1987 (en France) pour leurs qualités d'isolation électrique, de lubrification et d'ininflammabilité. Il est avéré que les PCB posent des problèmes de toxicité. C'est pourquoi ces substances ne sont plus ni produites ni utilisées depuis vingt ans en Europe dans la fabrication d'appareils.
À cause de leur très lente décomposition naturelle et de leur faible solubilité dans l'eau, les PCB se sont accumulés dans les sols et les sédiments. Ces substances s'accumulent dans les tissus graisseux tout au long de la chaîne alimentaire. L'Homme se contamine par l'ingestion d'animaux ou de produits d'origine animale contaminés, notamment le lait, les œufs et les poissons.
Les phytosanitaires ou pesticides (herbicides, insecticides, fongicides…) sont constitués d'une (ou d'une association de plusieurs) substance(s) active(s) minérale(s) ou organique(s) utilisée(s) dans le traitement préventif ou curatif des affections des végétaux. Un produit phytosanitaire agit en tuant ou repoussant leurs pathogènes (animaux, végétaux, bactéries, virus), parasites, plantes concurrentes (et mousses, champignons…), ou consommateurs animaux qu'on appelle ravageurs ou organismes nuisibles.
Les produits chimiques de synthèse sont généralement toxiques pour tout ou partie de l'environnement, avec un impact plus ou moins étendu et rémanent selon les cas. De nombreuses polémiques ont éclaté ces dernières années et ont permis de mettre en avant les impacts sur les milieux naturels : atrazine (pollution des nappes souterraines et des rivières), Gaucho (diminution des populations d'abeilles), DDT (retrouvé dans les graisses animales et dans la nourriture). Mais ces produits présentent également une toxicité sur la santé humaine : cancers, baisse de la fertilité et malformations congénitales sont les conclusions de nombreuses études. Le lien entre pathologie et exposition aux pesticides reste cependant très difficile à établir à l'heure actuelle.

- **La pollution métallique**

Une partie de cette pollution est constituée des **Éléments-Traces Métalliques** (ETM), anciennement appelés métaux lourds (fer, plomb, mercure, uranium, chrome, cuivre, argent, etc.). Ils sont présents naturellement à l'état de traces, mais l'activité humaine a parfois renforcé cette présence. Leur impact toxicologique dépend de leur forme chimique, de leur concentration et de la possibilité de passage dans la chaîne du vivant.

- **La pollution microbiologique** (bactéries, virus, champignons)

Elle résulte des rejets provenant de l'intestin des animaux et des hommes. La désinfection systématique de l'eau a considérablement réduit le risque de pollution microbiologique dans les pays développés. Les excréments contiennent des germes pathogènes véhiculés par l'eau qui peuvent provoquer des maladies (cf. chapitre sur l'assainissement et les maladies liées à l'eau).

LES RÉSULTATS DE L'ASSAINISSEMENT, SUIVI DE LA QUALITÉ DE L'EAU ET SUIVI PISCICOLE

Le SIAAP analyse chaque jour la **qualité de la Seine** à l'aide de sondes immergées dans le fleuve, mesurant en continu la concentration en oxygène dissous et la température de l'eau. **L'oxygène dissous** est un bon indicateur de la qualité de l'eau. Lors de fortes pluies, il peut se produire des déversements d'eau usée dans le fleuve, induisant une multiplication des bactéries et corrélativement une diminution de la quantité d'oxygène dissous. Un indice de qualité, construit sur les mesures d'oxygène, de température et de débit du fleuve, est publié chaque jour sur le site Internet du SIAAP.

L'assainissement, et plus particulièrement les progrès des traitements appliqués aux eaux usées, a permis une amélioration très nette de la qualité de l'eau des rivières franciliennes. Un Système d'Évaluation de la Qualité des cours d'eau (SEQ-Eau)* a été mis en place en France en 1971 et permet d'évaluer la qualité des cours d'eau. À partir d'une grille de mesures, il propose cinq classes de qualité : 1 - très bonne, 2 - bonne, 3 - passable, 4 - mauvaise, 5 - très mauvaise. Appliqué à la Seine, il offre une vision claire de l'évolution des principaux paramètres de qualité de l'eau sur les deux dernières décennies (à l'aval de la région parisienne) :

- **pollution organique** (ou carbonée) : passage de la classe 3 dans les années 1985-1987 à la classe 1 en 2009 ;
- **pollution azotée** : pour l'azote ammoniacal, passage des classes 4-3 aux classes 3-2 ;
- **pollution phosphorée** : passage des classes 5-4 à la classe 2.

Ainsi, toutes les catégories de pollutions (carbone, azote, phosphore) présentent une diminution de leur concentration dans le fleuve.
Depuis 2005, des normes de qualité environnementale plus complètes que le SEQ-eau (notamment sur les substances dangereuses) permettent de définir le bon état écologique des masses d'eau exigé par la Directive Cadre sur l'Eau.

Le SIAAP réalise également un **suivi piscicole en Seine.** Alors qu'en 1970 on ne dénombrait que trois espèces de poissons dans la Seine en région parisienne, **32 espèces différentes ont été recensées depuis vingt ans (donnée 2010).** Le retour du saumon en 2004 symbolise à lui seul les performances réalisées dans le traitement des eaux usées, même si cette espèce n'est pas encore officiellement comptabilisée. La présence d'espèces dites sensibles (truite de rivière), vulnérables (anguille) ou protégées (chabot) sont autant de signes de l'amélioration de la qualité de l'eau du fleuve. Cependant, certaines de ces espèces ont été introduites par l'Homme, et bien qu'elles se soient intégrées au milieu, il n'en demeure pas moins qu'elles ne sont pas natives de la région et ont pris dans certains cas la place d'autres espèces.

* Présentation du SEQ'eau : www.ifremer.fr/delcc/cycleau/reglementation/seqeau.htm (IFREMER).

LE BASSIN DE LA SEINE

La Seine est le deuxième fleuve français par sa longueur – 776 kilomètres – après la Loire. Elle prend sa source à Saint-Germain-Source-Seine à 470 mètres d'altitude dans le plateau de Langres en Bourgogne (Côte-d'Or) et se jette dans la Manche près du Havre en Haute-Normandie (Seine-Maritime).

Du fait de la faible déclivité de sa vallée en Île-de-France et en Normandie, la Seine forme de multiples et profonds méandres. Pour la même raison, les effets de la marée se font sentir sur une centaine de kilomètres, jusqu'à Poses (barrage le plus aval qui constitue la limite extrême de l'estuaire), et se manifestaient, jusqu'à un passé récent, par le phénomène du "mascaret".

Son bassin hydrographique (ou bassin versant) s'étend sur environ 78 000 km², soit 12 % de la superficie de la France. Cela signifie que chaque goutte de pluie qui tombe et ruisselle sur ce territoire (hors infiltration) se jettera dans la mer par l'estuaire de la Seine.

Concentrant 30 % de la population et 40 % de l'activité économique françaises (environ 25 % de l'agriculture), la Seine est le fleuve français le plus aménagé. Sa faune aquatique doit supporter de multiples pressions, comme les pollutions et l'intensification des aménagements des rivières.

La région Île-de-France, située au cœur du bassin hydrographique de la Seine, s'est organisée autour du fleuve qui la traverse et de ses affluents (Loing, Essonne, Orge, Yerres, Marne, Bièvre, Oise). Dans cette région couvrant 12 700 km², les rivières représentent un linéaire de 4 000 km.

La Seine en région parisienne est un fleuve fortement artificialisé : le chenal est profond et régulièrement entretenu pour permettre la navigation, les berges sont souvent aménagées et les annexes hydrauliques (bras secondaires ou morts, marais, prairies inondables) sont pratiquement absentes. Or, les berges et les annexes hydrauliques contribuent largement à la richesse écologique du fleuve en abritant une flore d'une grande diversité et en étant des sites de reproduction indispensables pour certaines espèces animales. L'homogénéité des milieux qui résulte de ces aménagements constitue un facteur limitant l'implantation des espèces les plus exigeantes*.



* La nature en Île-de-France, sous la direction de Georges Feterman, Collection La France du naturaliste, Edition Delachaux et Niestlé, 2007, 319 p.


© SIAAP

LA BIODIVERSITÉ AQUATIQUE EN ÎLE-DE-FRANCE

La biodiversité désigne la diversité du monde vivant et se décline en diversité écologique (les milieux, les écosystèmes), diversité spécifique (les espèces) et diversité génétique (au sein d'une même espèce). Le mot biodiversité est un néologisme composé à partir des mots biologie et diversité. Au Sommet de la Terre de Rio (1992), sous l'égide de l'ONU, tous les pays ont décidé au travers d'une convention mondiale sur la biodiversité de faire une priorité de la protection et restauration de la diversité du vivant, considérée comme une des ressources vitales du développement durable. Plusieurs phénomènes sont considérés **comme des causes de régression de la biodiversité :** la pollution, la destruction, l'altération et la fragmentation des habitats, les invasions de nouvelles espèces, la surexploitation de certaines espèces (chasse, pêche) ou de certaines ressources et les changements climatiques.
Les milieux aquatiques sont d'autant plus concernés car ils sont mis à mal de diverses manières (drainage, comblement, artificialisation des berges, curage mécanique, pollution des eaux). Les espèces inféodées à ces milieux sont donc tout particuièrement touchées par les disparitions d'espèces. Ainsi, un tiers des espèces d'amphibiens sont menacées de disparition selon la Liste rouge de l'UICN* (en comparaison, un quart des espèces d'oiseaux et un huitième des espèces de mammifères sont également menacées de disparition). Pourtant, cette classe d'animaux, comme toutes les autres, joue un rôle non négligeable dans l'équilibre écologique de notre environnement puisqu'ils sont un maillon important de la chaîne alimentaire : à la fois prédateurs de petits invertébrés et insectes et proies d'oiseaux et de mammifères.

Donnée méconnue, **le territoire de l'Île-de-France** est constitué à 80 % d'espaces naturels et ruraux (52 % d'espaces agricoles, 24 % de forêts, 4 % d'autres espaces naturels). 5 % du territoire sont notamment occupés par des zones humides. En outre, quatre Parcs Naturels Régionaux** ont été mis en place sur le territoire, couvrant 14 % de la région.
L'Île-de-France abrite une grande variété d'espèces, dont 200 sont protégées***:

- 228 espèces d'**oiseaux** sur les 375 répertoriées en France (soit 61 % des espèces présentes en France),
- 18 000 espèces d'**insectes** sur 35 000 (51 %),
- 17 espèces de **reptiles** sur 40 (42 %)
- 12 espèces d'**amphibiens** sur 40 (30 %)
- 60 espèces de **mammifères** sur 121 (dont 19 sortes de chauve-souris) (50 %),
- ainsi que plus de 1 500 espèces de **végétaux** sur 6 000 (25 %).

La Région Île-de-France s'est engagée sur des grands objectifs : stopper l'érosion de la biodiversité d'ici 2010, reconquérir des espaces naturels en faveur de la biodiversité, créer les conditions du retour de certaines espèces emblématiques, valoriser le patrimoine naturel d'Île-de-France et permettre le bon fonctionnement des écosystèmes.
Enfin, il est important de noter qu'il existe des espèces invasives qui perturbent les écosystèmes et prennent la place des espèces autochtones, elles sont animales, comme la Tortue de Floride, l'Écrevisse américaine, la Moule zébrée, mais aussi végétales à l'instar de la Jussie à grande fleur et de la Renouée du Japon. Différentes causes – volontaires ou involontaires – expliquent l'arrivée d'espèces exotiques envahissantes : l'eau transportée comme ballast dans les navires, les voies de navigation, les espèces ornementales animales et végétales dans les aquariums et les jardins, etc.

* Inventaire mondial de l'état de conservation global des espèces végétales et animales publié par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature.
** Parcs Naturels Régionaux de la Haute-Vallée de Chevreuse, du Gâtinais français, Oise - Pays de France, du Vexin français et un cinquième en projet : Parc Naturel Régional de la Brie et des deux Morin.
*** Natureparif : Agence régionale pour la nature et la biodiversité en Île-de-France.

LA CLASSIFICATION SCIENTIFIQUE DES ESPÈCES

Bien que la classification phylogénétique des espèces soit désormais préconisée dès l'enseignement élémentaire, la classification traditionnelle en six règnes est ici utilisée par souci de simplification. Basée sur des données moléculaires et permettant de retracer la parenté et l'évolution des espèces, la classification phylogénétique ne fait pas apparaître certains groupes comme les reptiles ou les poissons.

LES VÉGÉTAUX

Les végétaux sont séparés en deux grands groupes : les végétaux supérieurs et les végétaux inférieurs. **Les végétaux inférieurs** sont constitués des mousses, champignons, lichens et algues. Parmi **les algues** (présentes à la fois en eau douce et salée), on trouve les algues macroscopiques et le phytoplancton (algues microscopiques unicellulaires). **Le phytoplancton** d'eau douce est la principale source d'oxygène (produit par la photosynthèse) des milieux aquatiques lents, tels que la Seine en région parisienne.
Les végétaux supérieurs comportent les **Gymnospermes** (plantes à cônes) et les **Angiospermes** (plantes à fleurs). Le second embranchement, lui-même scindé en Dicotylédones (plantule à deux cotylédons) et Monocotylédones (feuilles à nervures parallèles, pas de formation de bois), est composé d'une très grande variété de familles de plantes et d'arbres. En suivant le profil transversal d'une rivière de son centre jusqu'au-delà de ses berges, on rencontre différents types de végétation **hygrophile** (ayant une affinité pour l'eau) et parfois **hydrophyte** (qui vit immergée dans l'eau) selon une disposition en ceintures liée à la diminution progressive de la quantité d'eau présente :

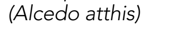
- en pleine eau (Renoncule flottante, Elodée, Myriophylle),
- au bord de la rivière où la profondeur de l'eau est moindre et le courant plus lent (**Nénuphar*,** Lentille d'eau, Véronique des ruisseaux, Rubanier d'eau…),
- sur les berges (**Saule** blanc, Aulne glutineux, Lycope, Salicaire),
- dans les prairies hygrophiles du lit majeur – c'est-à-dire la partie inondable des vallées – (Ail anguleux, Gratiole, Violette élevée),
- dans les forêts hygrophiles où le sol est gorgé d'eau en hiver (Aulne, Peuplier, **Phragmite** et de nombreuses grandes herbes),
- autour des mares et des étangs (roseaux, Carex, Millepertuis des marais)
- dans les tourbières gorgées d'eau – accumulations d'au moins 40 cm de matière organique d'origine végétale (Sphaignes) - qui accueillent des espèces rares et particulières (telles que la plante carnivore Droséra à feuilles rondes)**.

LES ANIMAUX

Le règne animal classe les animaux en **sous–règnes** : protozoaires (êtres vivants unicellulaires) et métazoaires (pluricellulaires), puis en **embranchements** (annélides, mollusques, arthropodes, vertébrés), **classes** (c'est ce niveau que nous utiliserons ici), **ordres, familles, genres et espèces.** Les caractéristiques des sept principales classes du monde animal sont détaillées ; elles présentent toutes des espèces vivant à proximité des milieux aquatiques.

• Les oiseaux

Les oiseaux, animaux **homéothermes** (température interne maintenue constante) à quatre membres, présentent un ensemble de caractéristiques communes telles qu'un bec dépourvu de dents, des plumes et l'**oviparité** (ponte d'œufs). Leurs membres postérieurs sont des pattes et leurs membres antérieurs des ailes permettant à la plupart d'entre eux de voler. Selon leurs adaptations morphologiques, on distingue les anatidés (pattes courtes et palmées pour se déplacer plus vite dans l'eau), les échassiers (pattes longues pour patauger), les limicoles (échassiers au long bec pour attraper des petits invertébrés vivant dans la vase), les rapaces (serres et bec crochu et tranchant pour dépecer leurs proies). Près des milieux aquatiques de la région parisienne, on peut rencontrer de nombreuses espèces d'oiseaux : **Martin-pêcheur,** Butor étoilé, Balbuzard pêcheur, Guêpier d'Europe, Héron cendré, Grand cormoran, Goéland argenté, Grèbe huppé, Pluvier doré, Chevalier gambette, Canard colvert…



Martin-pêcheur (Alcedo atthis)

* Les espèces en gras sont présentées dans les fiches élèves
** Dir. Feterman G., op. cit., p. 26

• **Les amphibiens**

La plupart des amphibiens ont une phase de vie aquatique (sous forme de larves) et une phase de vie terrestre après une **métamorphose**. On distingue deux ordres : les Urodèles (salamandres, tritons) qui conservent leur queue, et les Anoures (crapauds et grenouilles) qui sont dépourvus de queue à l'âge adulte et qui sont d'excellents sauteurs. L'accouplement et la ponte ont généralement lieu dans l'eau. Les larves (têtards) ont une **respiration branchiale**, les adultes ont une **respiration pulmonaire et cutanée**. Les amphibiens subissent un grave déclin du fait de la destruction des habitats naturels, la pollution, les maladies, l'introduction d'espèces concurrentes, le changement climatique et la destruction de la couche d'ozone (les radiations ultraviolettes se sont montrées particulièrement néfastes pour la peau, les yeux et les œufs des amphibiens). Dans les mares franciliennes, on trouve les Grenouilles verte et rousse, la Rainette verte, l'Alyte accoucheur, le **Crapaud calamite** (espèce très rare et menacée), les tritons et les salamandres…



Crapaud calamite (Epidalea calamita)

• **Les reptiles**

Les reptiles sont des animaux **poïkilothermes** (ne contrôlent pas leur température corporelle qui varie) et **ectothermes** (leur chaleur corporelle provient de l'extérieur), dont le corps est recouvert par des écailles. En France, on trouve les Squamates (lézards, serpents) et les Chéloniens (tortues). Les reptiles sont soit **ovipares** (pondent des œufs), soit **ovovivipares** (œufs conservés dans les voies génitales jusqu'à éclosion), enfin quelques rares espèces sont **vivipares** (les petits naissent complètement développés, sans membrane qui les enveloppent). En région parisienne, les reptiles rencontrés à proximité des zones humides sont la **Couleuvre à collier,** la Couleuvre vipérine, et malheureusement la Tortue de Floride (espèce "exotique" introduite par l'Homme)…

• **Les insectes**

Le corps des insectes est composé de trois parties : tête (avec une paire d'antennes), thorax (trois paires de pattes et souvent deux paires d'ailes) et abdomen (formé d'anneaux). Ils ont six pattes, quatre ailes et deux antennes. La plupart des insectes se développent en passant par plusieurs **mues** (pour permettre à la larve de grandir) et **métamorphoses** : stade larvaire (chenille, vers), stade nymphal (chrysalide, pupe) et stade adulte appelé imago. Il existe de très nombreux ordres d'insectes liés aux milieux aquatiques : les Éphémères (durée de vie très courte car impossibilité de se nourrir), les Odonates (**libellule,** demoiselle), les Coléoptères (Dytique), les Plécoptères (grande perle), les Diptères (moustiques).

• **Les crustacés**

Les crustacés sont des arthropodes, c'est-à-dire des animaux dont le corps est revêtu d'un **exosquelette** calcaire peu extensible, appelé **cuticule**, qui rend nécessaire le recours à des **mues** pour permettre leur croissance. La plupart des espèces sont aquatiques (mer ou eau douce), quelques unes mènent une vie terrestre. Leur corps est constitué de deux parties : un céphalothorax (tête et thorax soudés) et un abdomen segmenté, et possède deux paires d'antennes. Dans les milieux aquatiques franciliens, on trouve le Gammare, la Caridine ou crevette d'eau douce et trois espèces d'écrevisses originaires des États-Unis (américaine, de Louisiane, du Pacifique), posant des problèmes écologiques. Ces écrevisses invasives exercent une concurrence très forte sur les peuplements indigènes car elles sont adaptées aux eaux de qualité médiocre, plus fécondes, plus agressives et porteuses saines d'un champignon virulent appelé peste de l'écrevisse). L'Écrevisse à pieds blancs, rare et menacée d'extinction en France, a disparu d'Île-de-France.

• Les mammifères

Les mammifères sont vivipares et sont caractérisés essentiellement par l'**allaitement** des jeunes, un cœur à quatre cavités, un système nerveux et encéphalique développé, une colonne vertébrale, une peau couverte de poils, des dents de différents types, des glandes qui permettent la sudation, l'**homéothermie** (température interne constante, avec l'exception des animaux qui hibernent) et la respiration pulmonaire. Les jeunes mammifères sont dépendants de leurs parents au début de leur vie. De morphologie et de comportements très variables, les mammifères d'eau douce comprennent les **chauves-souris** (ou chiroptères, qui chassent et s'orientent grâce à leur système de sonar - la Pipistrelle commune, le Murin de daubenton), les **insectivores** (les plus petits avec un museau allongé et de nombreuses dents - la Musaraigne aquatique ou pygmée), les **rongeurs** (herbivores, omnivores ou carnivores). Les rongeurs herbivores et omnivores sont reconnaissables grâce à leurs incisives à croissance continue : le Campagnol aquatique, le Rat musqué et le Ragondin (introduites, ces deux dernières espèces sont originaires respectivement d'Amérique du Nord et du Sud, concurrentes des herbivores autochtones, minant les berges de galeries et ayant des conséquences sur la flore et la faune des milieux humides). Tandis que les rongeurs carnivores sont pourvus de canines très développées et tranchantes pour se nourrir de viande : la Loutre (mais elle a disparu de la région Ile-de-France).

• Les poissons

Les poissons sont des animaux vertébrés aquatiques généralement poïkilothermes, pourvus de nageoires et dont le corps est le plus souvent couvert d'écailles. Les poissons se nourrissent de végétaux, d'invertébrés vivant sur le fond ou au milieu de l'eau, mais aussi de poissons (ils sont alors piscivores). Ils respirent à l'aide de **branchies** : l'eau est absorbée par la bouche et rejetée en ouvrant les ouïes. Presque tous les poissons d'eau douce d'Europe se reproduisent de la même façon, dans un lieu appelé **frayère**. La femelle pond des œufs qu'elle fixe à des plantes aquatiques ou à des pierres, et le mâle les féconde en déversant sa laitance (fécondation externe). On distingue les poissons cartilagineux (Chondrichtyens : Requin, Raie) et les poissons osseux (Ostéichtyens : l'immense majorité des poissons).

L'ensemble du bassin de la Seine abrite une faune piscicole riche de 52 espèces*. Dans la Seine et la Marne en région parisienne, malgré les conséquences néfastes de l'urbanisation, le nombre d'espèces recensées progresse régulièrement et atteint aujourd'hui 32 ; en voici quelques-unes : Tanche, Brème, Goujon, Vairon, Grémille[c], Anguille, Sandre[i], Silure[i], Truite, Vandoise, Rotengle[i], Perche, Perche soleil[i], Carpe[i], Ablette, Barbeau, Brochet, Ombre bleu[i], Gardon, Carassin, Hotu[c], Chevesne, Poisson-chat[i], Pseudorasbora[i].

Cependant, il faut noter que certaines espèces ont été introduites, volontairement pour la plupart (pisciculture, essais naturalistes, intérêt halieutique) – espèces signalées par le symbole suivant : ([i]) ou ont colonisé le bassin de la Seine en utilisant les canaux de navigation – espèces signalées par le symbole suivant : ([c]). Parmi les espèces autochtones de la Seine, les **espèces migratrices ou amphihalines**, dont une partie de la vie s'effectue en mer et une autre en rivière (Lamproie, Esturgeon, Saumon, Truite de mer, Alose, Anguille), ont connu un déclin en premier et de façon très marquée, découlant des aménagements pour la navigation (écluses et barrages, canalisation, augmentation de la ligne d'eau) qui ont perturbé fortement leurs déplacements vers les secteurs de reproduction à l'amont (frayères).

* CEMAGREF (Institut de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement) : www.cemagref.fr/Informations/DossiersThematiques/AmenagementVieAquatique/Recherche07.htm

LA ZONATION DES ESPÈCES PISCICOLES

Différentes communautés de poissons se remplacent progressivement de l'amont vers l'aval des cours d'eau. Cette disposition s'explique par des exigences écologiques propres à chaque espèce, qui ne sont satisfaites que dans certaines portions des cours d'eau. Pour caractériser ce phénomène, les biologistes ont décrit différentes zones piscicoles désignées par le nom de l'espèce de poisson qui les caractérisait le mieux. Plusieurs facteurs sont responsables de cette organisation longitudinale des communautés de poissons, notamment la pente et la largeur du cours d'eau, bien corrélées avec les changements graduels de la température de l'eau, du taux d'oxygène dissous, du débit, de la nature des sédiments, de la nature des berges et du type de végétation aquatique. Le passage d'une zone à l'autre est progressif et s'étale sur plusieurs kilomètres. Certains paramètres peuvent ponctuellement perturber cette zonation théorique (un confluent, un barrage…).

D'amont en aval, on rencontre quatre grandes zones décrites principalement à partir de trois paramètres : **la force du courant, la température de l'eau, l'oxygénation de la rivière**, et d'une espèce caractéristique de ce type de milieu et adaptée à ces paramètres (zonation de Huet).

La zone à truite correspond aux ruisseaux à courant violent, avec des rapides et des cascades, alternant avec des eaux plus calmes. L'eau est froide et riche en oxygène. Le fond est couvert de graviers et de cailloux ; la végétation est quasi absente. Dans **la zone à ombre**, le ruisseau a grossi et est devenu une petite rivière où des zones à courant rapide alternent avec des zones à courant lent. La température de l'eau est plus élevée, la teneur en oxygène reste importante. Le fond reste semblable, mais avec une végétation aquatique parfois abondante. **La zone à barbeau** est constituée de rivières à courant encore rapide, mais à température estivale pouvant dépasser 20°C. Localement, le sol est mou et garni de végétation. Succédant aux eaux rapides des zones supérieures, **la zone à brême** est représentative des eaux calmes. La profondeur peut être grande. Le fond est mou et garni d'une végétation abondante. L'oxygénation est faible et la température encore plus élevée. Les espèces présentes sont prolifiques et plus résistantes à la diminution provisoire de la teneur en oxygène, etc. Les zones supérieures accueillent les Salmonidés, les zones inférieures les Cyprinidés*.

Courant	fort		moyen	faible
Température (°C)	5-10	8-13	4-18	4-22
Oxygénation	très bonne	bonne	influencée par T°	variable (selon saison et heure)
Milieu	torrent de montagne, rivière peu profonde et rapide	rivière assez large et peu profonde	pente plus faible, cours d'eau sur lit majeur	rivière de plaine avec méandres et zones d'inondation
Famille de poissons	Salmonidés		Cyprinidés	
Zone à	Truite	Ombre	Barbeau	Brême
Autres espèces	Chabot, Loche franche, Vairon	Lotte, Truite, Cyprinidés d'eau vive	Hotu, Goujon, Vandoise, Brochet, Perche	Rotengle, Carpe, Tanche, Carassin, Ablette, Sandre

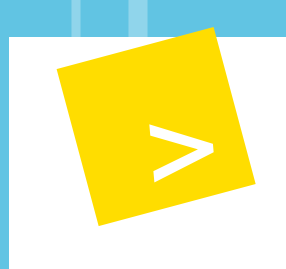
* Direction générale des Ressources naturelles et de l'Environnement de Wallonie.

La distribution des populations piscicoles le long de la Seine fait apparaître une richesse biologique très inégale*.
Classiquement, sur les fleuves où l'Homme est moins présent, les poissons sont plus nombreux en aval qu'en amont, car la partie basse présente une plus grande diversité d'habitats. Mais pour la Seine cette figure ne se confirme pas. En effet, le nombre d'espèces est très fluctuant et peut parfois chuter de façon vertigineuse. À l'amont du bassin parisien, le milieu fluvial encore préservé offre des habitats propices à de nombreuses espèces.

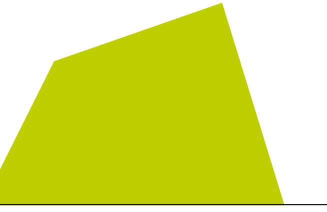
Plus à l'aval, on constate une régression des poissons d'eaux vives. Si la qualité physico-chimique des eaux a évolué de façon favorable ces dernières années, les poissons souffrent toujours autant des différents aménagements hydrauliques de la Seine, ayant induit une homogénéisation des écoulements et des habitats. En uniformisant le lit du cours d'eau, les habitats et les zones de reproduction spécifiques des poissons sont détruits. Pour accomplir leur cycle biologique, les poissons doivent aussi pouvoir se déplacer librement entre les habitats auxquels sont associées les fonctions fondamentales de reproduction, d'alimentation et de refuge. Les espèces d'eaux vives comme le barbeau, la vandoise ou le hotu ne trouvent plus de conditions adéquates pour vivre. Elles sont alors remplacées par des espèces moins exigeantes comme le chevaine ou le gardon, la carpe et la brème. À Paris, on ne recense que six espèces.

Puis, aux environs des Andelys (100 km de Paris et 40 km de Rouen), la situation s'améliore sensiblement grâce à une légère récupération du milieu. Mais elle se détériore à nouveau aux alentours de Rouen. Enfin, ce n'est que dans l'estuaire, où se mélangent espèces d'eau douce et espèces marines, que la richesse du peuplement atteint des valeurs normales.

* www.cemagref.fr/informations/DossiersThematiques/AmenagementVieAquatique/Recherche04.htm



Glossaire



ASSAINISSEMENT
Ensemble des techniques de collecte, de transport et de traitement des eaux usées et des eaux de pluie avant leur rejet dans le milieu naturel.

AUTO-ÉPURATION
L'eau (de mer ou de rivière) ou bien encore le sol transforment et éliminent naturellement (en totalité ou en partie) les pollutions qui les affectent, grâce aux phénomènes de filtration et d'oxydation, combinés à l'action des organismes présents dans l'écosystème (bactéries, insectes, plantes).

BASSIN HYDROGRAPHIQUE (OU BASSIN VERSANT)
Zone géographique où toutes les sources et tous les ruissellements convergent vers un même cours d'eau.

BIODIVERSITÉ
Diversité du monde vivant, déclinée sous trois formes : diversité écologique (les milieux), diversité spécifique (les espèces) et diversité génétique (au sein d'une même espèce).

BOUES D'ÉPURATION
- **Boues activées :** technique de l'épuration biologique utilisant une forte concentration de microorganismes épurateurs en cultures libres.
- **Boues à traiter :** résidus produits lors de différentes étapes de dépollution des eaux usées dans une station d'épuration (décantation primaire, clarification). Elles sont composées d'eau et de substances minérales et organiques. Ces boues subissent plusieurs traitements en vue de leur valorisation ou de leur élimination.

CLARIFICATION
Étape de l'épuration biologique assurant la séparation de l'eau épurée et des boues activées par une décantation. L'eau peut alors être rejetée dans la rivière.

COMPOSTAGE
Filière de valorisation des boues permettant d'obtenir un compost, basée sur le mélange de boues déshydratées et de co-produits (déchets verts, ordures ménagères, etc.), par la transformation d'une partie de la matière organique (dégradée par des bactéries) en matière minérale assimilable par les végétaux.

CYCLE DE L'EAU DOMESTIQUE
Succession d'opérations permettant l'utilisation de l'eau courante potable et garantissant la santé des utilisateurs et la préservation des milieux aquatiques : captage d'eau brute, traitements de potabilisation, stockage et distribution, utilisation et pollution, collecte et transport des eaux usées, épuration, rejet au milieu naturel.

DÉCANTATION PRIMAIRE
Technique physique qui permet d'éliminer les particules en suspension en les laissant se déposer dans un bassin, à l'aide d'un racleur et d'une pompe. La technique devient physico-chimique si l'on utilise des réactifs pour accélérer le processus. Cette étape conduit à la production de boues.

DÉGRILLAGE
Première étape du prétraitement destinée à retenir les déchets volumineux au moyen de grilles.

DÉSHUILAGE (OU DÉGRAISSAGE)
Étape du prétraitement destinée à retirer les graisses remontées à la surface du fait de leur densité plus faible que celle de l'eau.

DESSABLAGE
Étape du prétraitement destinée à retirer les sables et matières minérales lourdes déposées au fond du bassin.



EAU ÉPURÉE
Eau débarrassée de ses diverses pollutions par un système d'assainissement. L'eau épurée est rejetée dans une rivière sans nuire à l'écosystème, mais n'est pas potable.

EAU POTABLE
Eau satisfaisant à un certain nombre de caractéristiques la rendant propre à la consommation humaine ; en France, 64 paramètres sont contrôlés pour garantir la qualité de l'eau potable. L'eau est prélevée dans une rivière ou une nappe souterraine et subit un certain nombre de traitements dans une usine de potabilisation.

EAU USÉE
Eau chargée de divers polluants après usage. Elle comprend les eaux usées d'origines domestique (douche, lave-vaisselle, toilettes…) et industrielle.

ÉGOUT
Le réseau public de collecte est l'appellation remplaçant le terme "égout" depuis la loi sur l'eau de 2006. Il recueille les eaux usées d'une ville et les évacue vers une station d'épuration. Il comprend les canalisations gérées par les communes (collectant les eaux des habitations) et les départements, les collecteurs (recueillant l'eau de ces canalisations) et les émissaires (recueillant l'eau des collecteurs). Les collecteurs et émissaires présentent des diamètres compris entre 2,5 et 6 mètres et sont situés entre 10 et 100 mètres de profondeur.

ÉPANDAGE AGRICOLE
Action de disperser des produits sur des terres agricoles. Dans le cadre de l'assainissement, il s'agissait aux XIXe et XXe siècles d'eaux usées pour l'irrigation et la fertilisation des cultures (on parlait de champs d'épandage qui permettaient une épuration des eaux usées par filtrage à travers le sol), désormais, il s'agit principalement des boues d'épuration (déshydratées ou plus récemment sous forme de granulés).

ÉPURATION BIOLOGIQUE
Étape permettant de supprimer les pollutions dissoutes par l'action des bactéries présentes naturellement dans les eaux usées. Deux classes de techniques sont employées : les cultures libres de bactéries (dites boues activées) et les cultures fixées (sur un matériau support), plus élaborées.

ÉQUIVALENT-HABITANT (EH)
Unité de mesure permettant d'évaluer la capacité de traitement d'une station d'épuration. Elle se base sur la quantité de pollution émise par personne et par jour.

EUTROPHISATION
Enrichissement d'une eau en sels minéraux entraînant la prolifération de la végétation aquatique et l'appauvrissement du milieu en oxygène.

LATRINE
Lieu d'aisance comprenant un système d'assainissement autonome plus ou moins élaboré, utilisé principalement dans les pays en développement. Une latrine est composée d'une fosse (différents modèles et techniques), d'une dalle percée et d'une superstructure. Les latrines demeurent le mode d'assainissement le plus utilisé dans le monde.

MATIÈRES
- **décantables :** éléments suffisamment lourds pour se déposer au fond d'un récipient.
- **dissoutes :** éléments très fins mélangés de manière homogène à l'eau.
- **en suspension :** éléments fins mêlés à l'eau sans être dissous par elle.

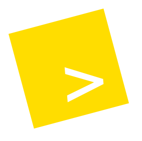
MÉGAPOLE
Très grande agglomération urbaine, considérée par l'ONU à partir de 10 millions d'habitants.

NAPPE SOUTERRAINE
Eau contenue dans les interstices d'une roche du sous-sol, avec une couche géologique imperméable sous-jacente. Ce type de réservoir peut être exploité, notamment pour produire de l'eau potable.

STATION D'ÉPURATION
Usine installée à proximité d'un cours d'eau (ou du littoral) et assurant la dépollution des eaux usées acheminées par les égouts. Elle comprend différentes étapes de traitement pour extraire au fur et à mesure les différents polluants contenus dans les eaux : dégrillage, dessablage, déshuilage, décantation, épuration biologique, clarification et traitement des boues.



Bibliographie



ENSEIGNANTS

L'EAU

- **Atlas mondial de l'eau : une pénurie annoncée**, S. Diop, P. Rekacewicz, Édition Autrement, Collection Atlas/monde, 2003
- **Guide ressources sur le thème de l'eau pour les enseignants**, Édition C.I.eau, 2007
- **L'eau**, K. Rey, Édition PEMF, Collection 30 mots clés pour comprendre...2004
- **L'eau à tout prix**, C. Hourtolle, Édition PEMF, Collection BT2, n° 84, 2005
- **Zoom sur l'eau**, P. Pasques, Édition Hachette Jeunesse, Collection Zoom, 2003
- **Site Internet de l'Agences de l'eau Seine-Normandie** : www.eau-seine-normandie.fr
- **Site Internet des Agences de l'eau** : www.lesagencesdeleau.fr
- **Site Internet du C.I.eau** : www.cieau.com
- **Site Internet du CNRS** (dossiers scientifiques sur l'eau douce) : www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/
- **Site Internet du Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire** : www.ecologie.gouv.fr/-Eau-et-milieux-aquatiques-.html
- **Site Internet du Syndicat des Eaux d'Île-de-France** (eau potable) : www.sedif.com
- **Site Internet d'Eau de Paris** (eau potable) : www.eaudeparis.fr
- **Site Internet de la Mairie de Paris** (eau et assainissement à Paris) : www.paris.fr/portail/Environnement/Portal.lut?page_id=134

L'ASSAINISSEMENT

- **Site Internet du SIAAP** : www.siaap.fr
- **Site Internet de l'ADEME** (l'assainissement et les boues d'épuration) : www.ademe.fr/partenaires/Boues/Pages/chap1.htm
- **Site Internet de l'Année internationale de l'assainissement 2008** : www.un.org/french/events/sanitation/index.shtml

LE BASSIN DE LA SEINE ET LES MILIEUX AQUATIQUES

- **La Seine en son bassin – Fonctionnement écologique d'un système fluvial anthropisé**, M. Meybeck, G. de Marsily, É. Fustec, Édition Elsevier, 1998
- **La nature en Île-de-France**, sous la direction de G. Feterman, Édition Delachaux et Niestlé, Collection La France du naturaliste, 2007
- **Le monde de la rivière – parcours pédagogique au fil de l'eau**, D. Durand, M.-C. Colliou et V. Lefebvre, Édition CRDP de Bretagne, 2002
- **Les petits animaux des lacs et rivières**, L.-H. Olsen, J. Sunesen et B.V. Pederen, Édition Delachaux et Niestlé, 2005
- **Site Internet du Cemagref** (eau, systèmes aquatiques) : www.cemagref.fr
- **Site Internet de Natureparif** (nature et biodiversité en Île-de-France) : www.natureparif.fr
- **Site Internet de Seine aval** (l'estuaire de la Seine) : www.seine-aval.crihan.fr/web



ENFANTS

5-8 ANS

- **Eau : canard, robinet, océan, poisson**, Édition Gallimard-Jeunesse, Collection Mes découvertes. Je comprends tout !, 2006
- **L'eau**, Édition Play Bac, Collection Les docs des incollables, n° 30, 2006
- **L'eau**, V. Guidoux, Édition Nathan, Collection Kididoc, 2000
- **L'eau**, B. Zana, Édition Nathan, Collection Le petit monde des sciences, 2001
- **L'eau : je découvre, je comprends, j'agis**, M. Mira Pons, Édition Milan jeunesse, Collection Agir pour ma planète, 2005
- **Explorons la rivière**, R. Mettler, Édition Gallimard-Jeunesse, Collection Apprends à voir la nature avec René Mettler, 2006
- **Je ferme le robinet pour économiser l'eau**, J.-R.Gombert, J. Dreidemy, Édition L'élan vert, Collection Les pieds sur Terre, 2006
- **Mais où va-t-il donc ?**, M. Lafitte, E. Cerisier, Édition Archimède, 1998
- **La rivière**, A. Royer, Édition Mango-Jeunesse, Collection Qui es-tu ? Nature, 2007

8-11 ANS

- **Atlas de l'eau**, Édition Gamma Jeunesse, 2008
- **L'eau**, J. Gourier, Édition Milan jeunesse, Collection Carnets de nature, n° 84, 2005
- **L'eau**, D. Heissler, Édition Nathan Jeunesse, Collection C'est pas sorcier, 2007
- **L'eau en danger**, Édition PEMF, Collection BTJ, n°449, 1999
- **L'eau : projets avec expériences sur la science et la force de l'eau**, S. Parker, Édition Broquet, Saint-Constant, Collection Sciences, 2006
- **Opération Diatomée : l'eau, le sol**, V. Le Quéré-Cady, Édition INRA, Collection Okisé, 1998
- **La rivière m'a dit**, Kit de terrain, Édition Frapna, 2001
- **Le surprenant cycle de l'eau**, V. Andréassian, J. Lerat, Édition le Pommier, Collection Les minipommes, n° 19, 2007

Auteurs : **Clotilde Marcel** et **Francis Pastor**

REMERCIEMENTS POUR LEUR COLLABORATION À LA RÉALISATION DE CE LIVRET PÉDAGOGIQUE :

- **Sylvette Buis** (professeur des écoles)
- **Audrey Garrouste** (professeur des écoles, médiatrice scientifique à la Cité des Sciences et de l'Industrie)
- **Catherine Leduc** (professeur des écoles)
- **Françoise Marcel** (professeur des écoles)
- **Vincent Reynaud** (maître formateur)
- **Audrey Rocher** (professeur des écoles)

Crédits images :

Les crédits sont reportés au regard de chaque photo. Ensemble des illustrations dans le livret et les fiches : ©SIAAP

Service de médiation pédagogique
mediation-citedeleau@siaap.fr
Tél : 01 41 19 53 52



www.siaap.fr

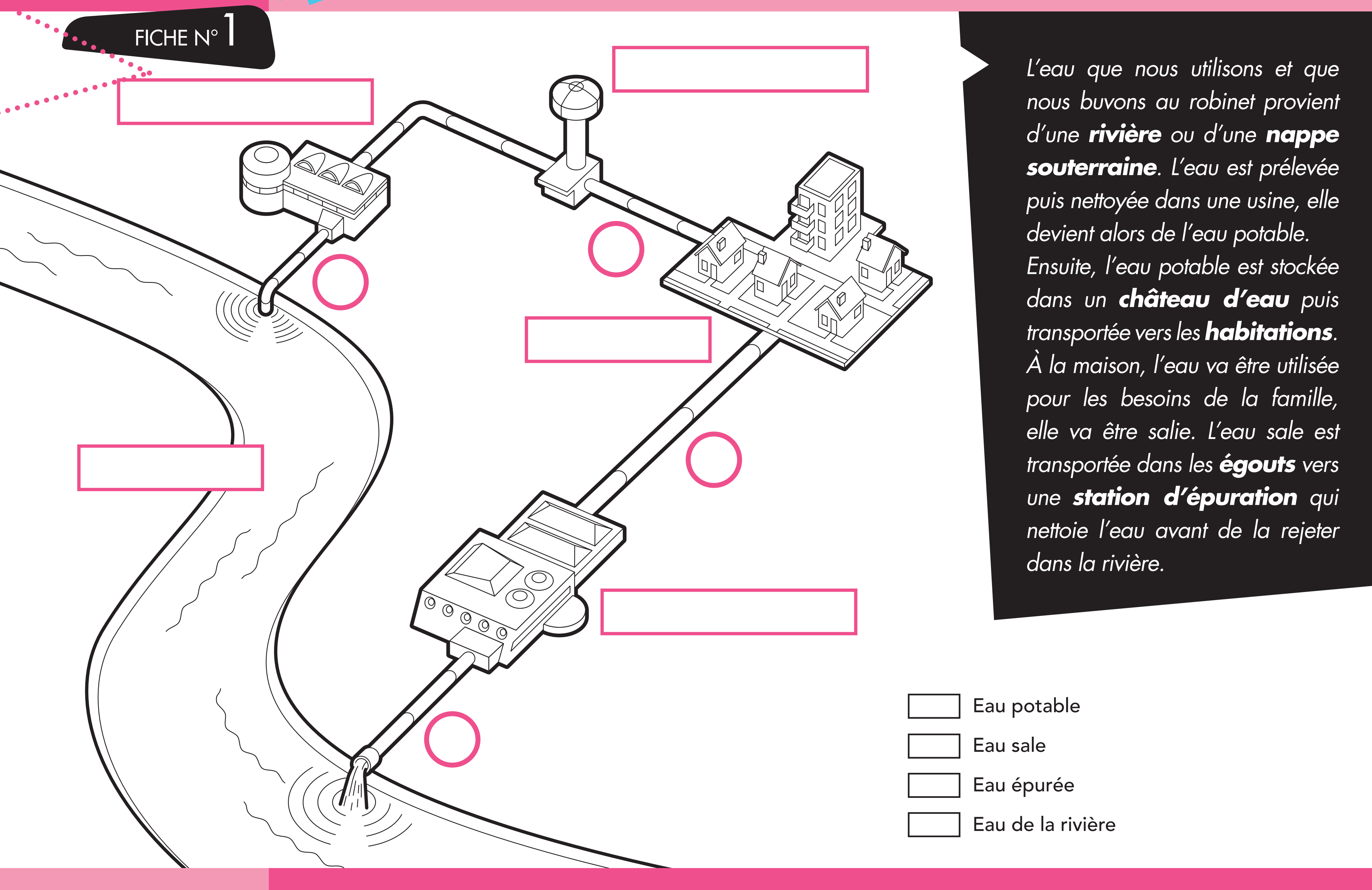


Image & Stratégie Europe - Réédition 2011 (première édition en 2009) - Document imprimé sur un papier éco-géré pour l'environnement. Imprimeur certifié IMPRIM'VERT®

CYCLE 2

L'EAU DANS LA VILLE

FICHE N° 1



L'eau que nous utilisons et que nous buvons au robinet provient d'une ***rivière*** *ou d'une* ***nappe souterraine****. L'eau est prélevée puis nettoyée dans une usine, elle devient alors de l'eau potable. Ensuite, l'eau potable est stockée dans un* ***château d'eau*** *puis transportée vers les* ***habitations****. À la maison, l'eau va être utilisée pour les besoins de la famille, elle va être salie. L'eau sale est transportée dans les* ***égouts*** *vers une* ***station d'épuration*** *qui nettoie l'eau avant de la rejeter dans la rivière.*

1 Trouve **la place de ces mots** sur le dessin et recopie-les **dans les cadres** :

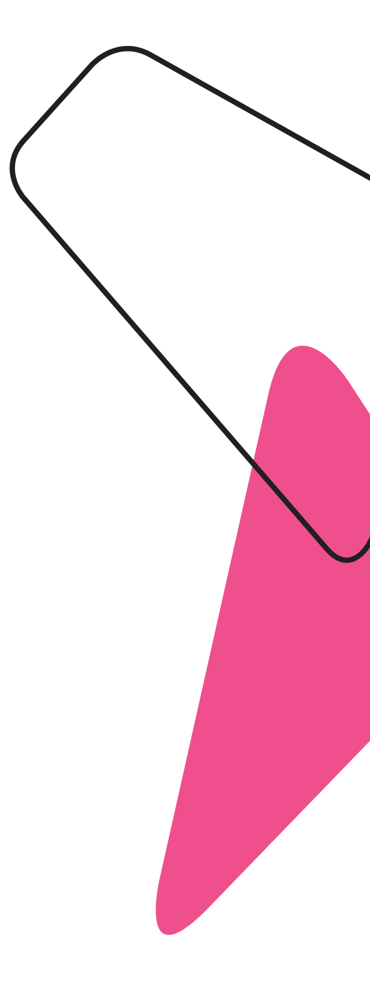
- habitations
- rivière
- station d'épuration
- château d'eau
- usine d'eau potable

2 Indique **le sens de l'eau** avec des flèches au niveau des cercles :

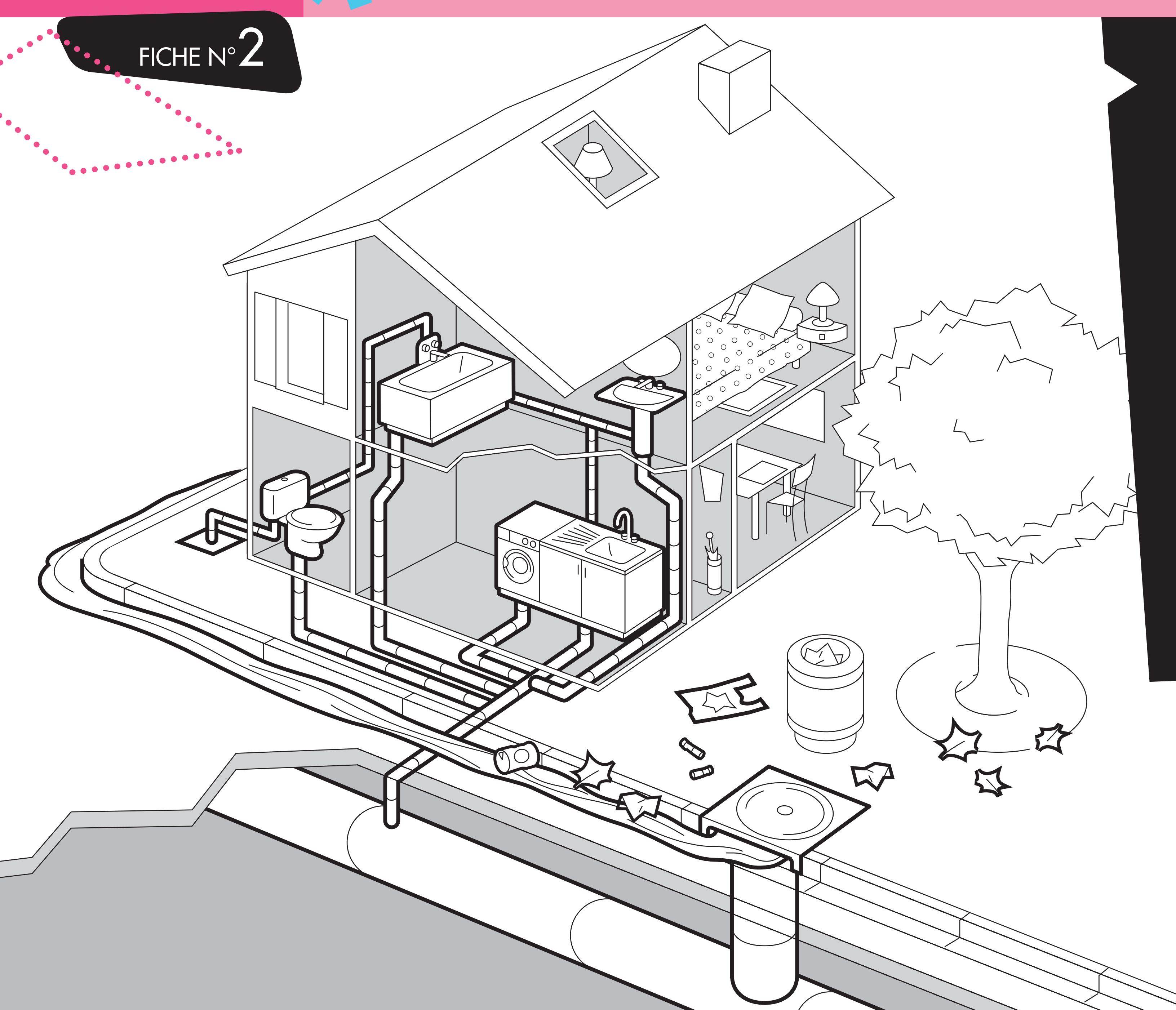
- ▶ transport de l'eau potable vers les habitations
- ◀ rejet de l'eau épurée dans la rivière
- ▲ prélèvement de l'eau dans la rivière
- ▼ transport de l'eau sale vers la station d'épuration

3 **Colorie les tuyaux** qui contiennent de l'eau :

- en bleu foncé : l'eau prélevée dans la rivière
- en bleu clair : l'eau potable
- en marron : l'eau sale
- en vert : l'eau épurée à la station d'épuration qui retourne à la rivière.



COMMENT ON POLLUE L'EAU ?



À la maison, *nous produisons tous les jours des* ***pollutions*** *qui salissent l'eau. Quand on se lave, il s'agit du savon par exemple. Quand on va aux toilettes, ce sont les excréments (le caca) et l'urine (le pipi).*

Dans la rue, *on peut voir beaucoup de saletés. Quand il pleut, elles polluent l'eau. Cette eau de pluie salie rejoint l'eau sale des maisons. Elles partent ensemble dans les* ***égouts*** *: ce sont des gros tuyaux cachés sous la terre.*

1 Repère les pièces de la maison où l'on utilise de l'eau potable que l'on va salir.
Indique oui (avec un O) ou non (avec un N).

- [ ] la salle de bain
- [ ] la chambre
- [ ] les toilettes
- [ ] la salle à manger
- [ ] la cuisine
- [ ] le couloir
- [ ] le grenier

2 Sur le dessin de la maison, **entoure en rouge** les endroits où l'on va **salir l'eau**.

3 Colorie :

- en bleu : les tuyaux qui amènent l'eau potable,
- en marron : les tuyaux qui évacuent l'eau sale.

4 Entre la rue et le trottoir, tu peux observer des trous dans le caniveau dans lesquels l'eau de pluie disparaît : les avaloirs de bouches d'égout.
Entoure en orange les déchets qui vont être emportés avec l'eau de pluie et vont rejoindre les égouts.

5 Dans les égouts, sous la ville, les eaux sales de la maison et celles de la rue sont mélangées. Où partent-elles ?

___

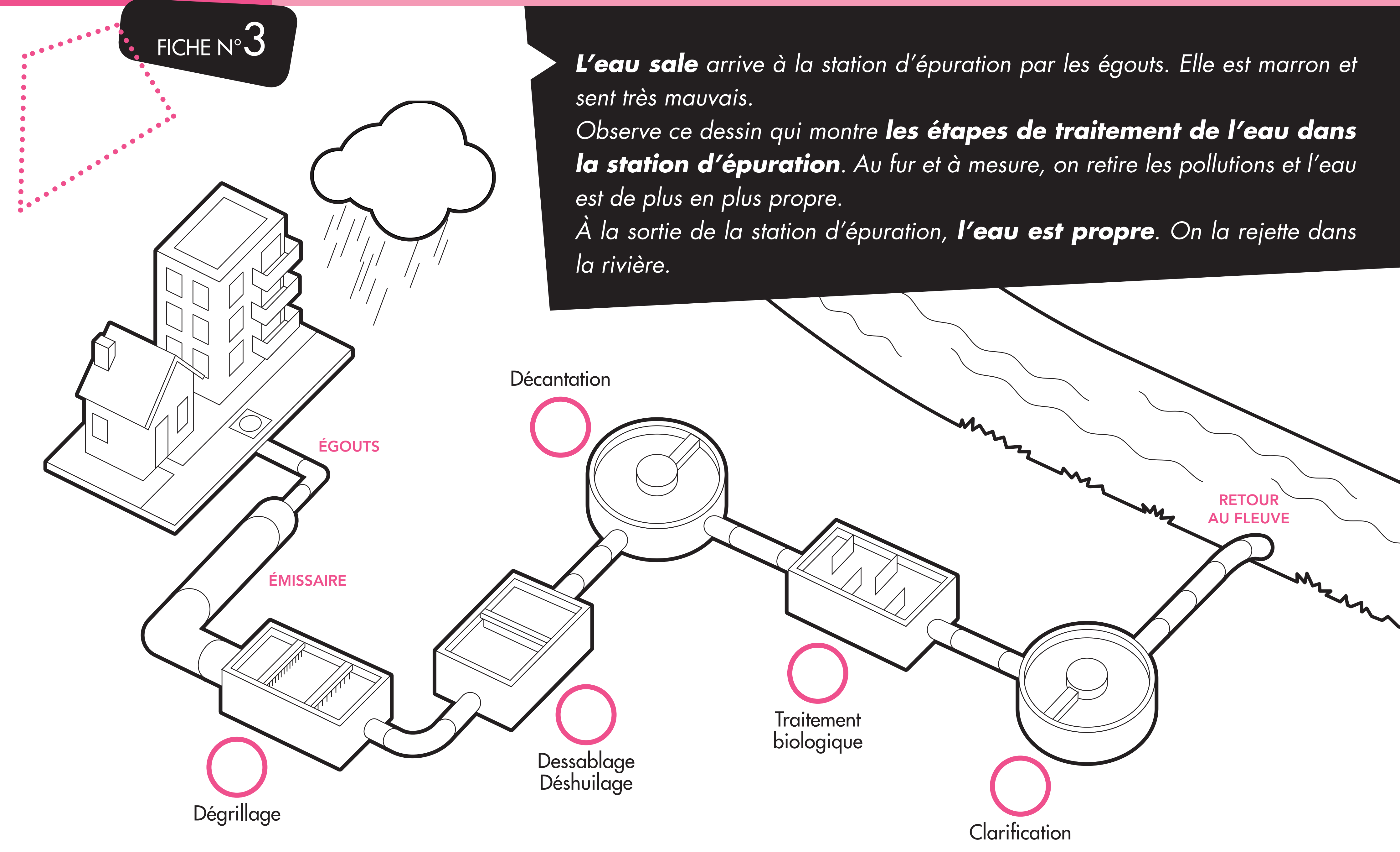
COMMENT ON NETTOIE L'EAU DANS LA STATION D'ÉPURATION ?

FICHE N°3

__L'eau sale__ arrive à la station d'épuration par les égouts. Elle est marron et sent très mauvais.

Observe ce dessin qui montre __les étapes de traitement de l'eau dans la station d'épuration__. Au fur et à mesure, on retire les pollutions et l'eau est de plus en plus propre.

À la sortie de la station d'épuration, __l'eau est propre__. On la rejette dans la rivière.



1 En suivant le chemin de l'eau dans la station d'épuration, **numérote de 1 à 5 les différentes étapes du traitement**.

2 Chaque étape porte un nom et correspond à un numéro. **Lis bien le nom des cinq traitements**. Puis, réponds aux questions.

- La première étape arrête les gros déchets grâce à une grille. Quel est son nom ? ____________________
- Devine quelles sont les deux pollutions retirées avec un râteau au dessablage et au déshuilage ? __________ et __________
- À la décantation, les excréments tombent au fond d'un bassin. Que peut-on aussi trouver qui provient des toilettes ?

  ____
- Quand l'eau arrive au traitement biologique, il ne reste que des pollutions dissoutes, c'est-à-dire bien mélangées dans l'eau. On ne peut les retirer ni avec les mains, ni avec un outil. On utilise des bactéries qui mangent la pollution. Les bactéries sont de minuscules êtres vivants, ce ne sont ni des animaux, ni des plantes. Écris deux pollutions de la maison qui sont retirées à cette étape.

  ____
- Il n'y a plus de pollution lorsque l'eau arrive à la dernière étape : la clarification. Pourtant, il faut encore retirer quelque chose à l'eau pour qu'elle soit bien claire. De quoi s'agit-il ? ____________________

3 Chaque dessin représente une source de pollution de l'eau. Indique à quelle étape du traitement ces pollutions sont éliminées. Pour cela, **relie les étiquettes aux dessins**.

dégrillage

dessablage - déshuilage

LESSIVE

HUILE

SAVON

décantation

traitement biologique

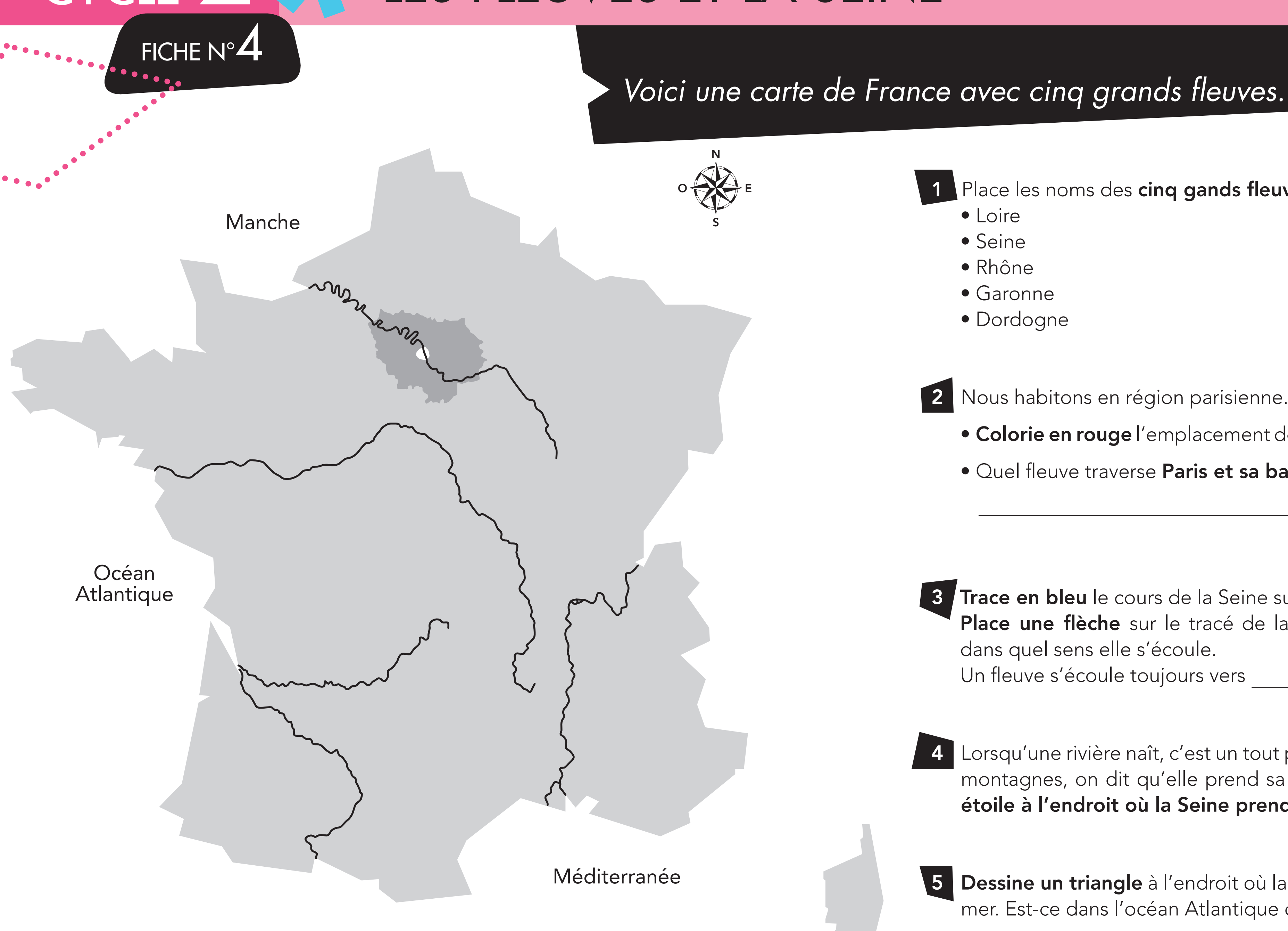
4 **Où va l'eau** après la station d'épuration ? ____________________

5 Est-elle propre ? ____________ Peut-on la boire ? ____________

LES FLEUVES ET LA SEINE

FICHE N°4

Voici une carte de France avec cinq grands fleuves.



1 Place les noms des **cinq gands fleuves** sur la carte.
- Loire
- Seine
- Rhône
- Garonne
- Dordogne

2 Nous habitons en région parisienne.
- **Colorie en rouge** l'emplacement de la région parisienne.
- Quel fleuve traverse **Paris et sa banlieue** ?

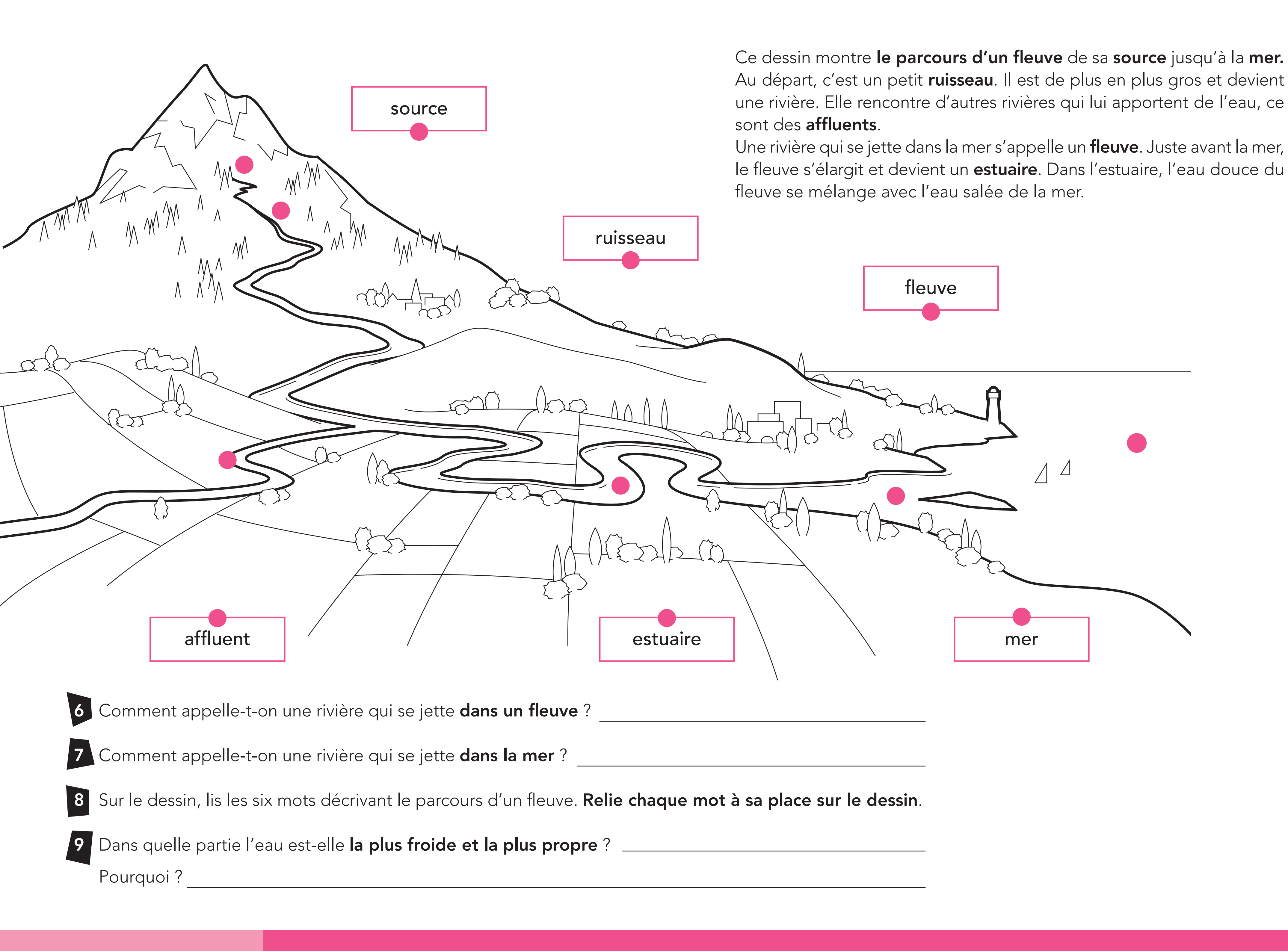
____

3 **Trace en bleu** le cours de la Seine sur la carte.
Place une flèche sur le tracé de la Seine pour indiquer dans quel sens elle s'écoule.
Un fleuve s'écoule toujours vers ______________

4 Lorsqu'une rivière naît, c'est un tout petit ruisseau dans les montagnes, on dit qu'elle prend sa source. **Dessine une étoile à l'endroit où la Seine prend sa source**.

5 **Dessine un triangle** à l'endroit où la Seine se jette dans la mer. Est-ce dans l'océan Atlantique ou dans la Manche ?

____



Ce dessin montre **le parcours d'un fleuve** de sa **source** jusqu'à la **mer.** Au départ, c'est un petit **ruisseau**. Il est de plus en plus gros et devient une rivière. Elle rencontre d'autres rivières qui lui apportent de l'eau, ce sont des **affluents**.

Une rivière qui se jette dans la mer s'appelle un **fleuve**. Juste avant la mer, le fleuve s'élargit et devient un **estuaire**. Dans l'estuaire, l'eau douce du fleuve se mélange avec l'eau salée de la mer.

6 Comment appelle-t-on une rivière qui se jette **dans un fleuve** ? ______________________

7 Comment appelle-t-on une rivière qui se jette **dans la mer** ? ______________________

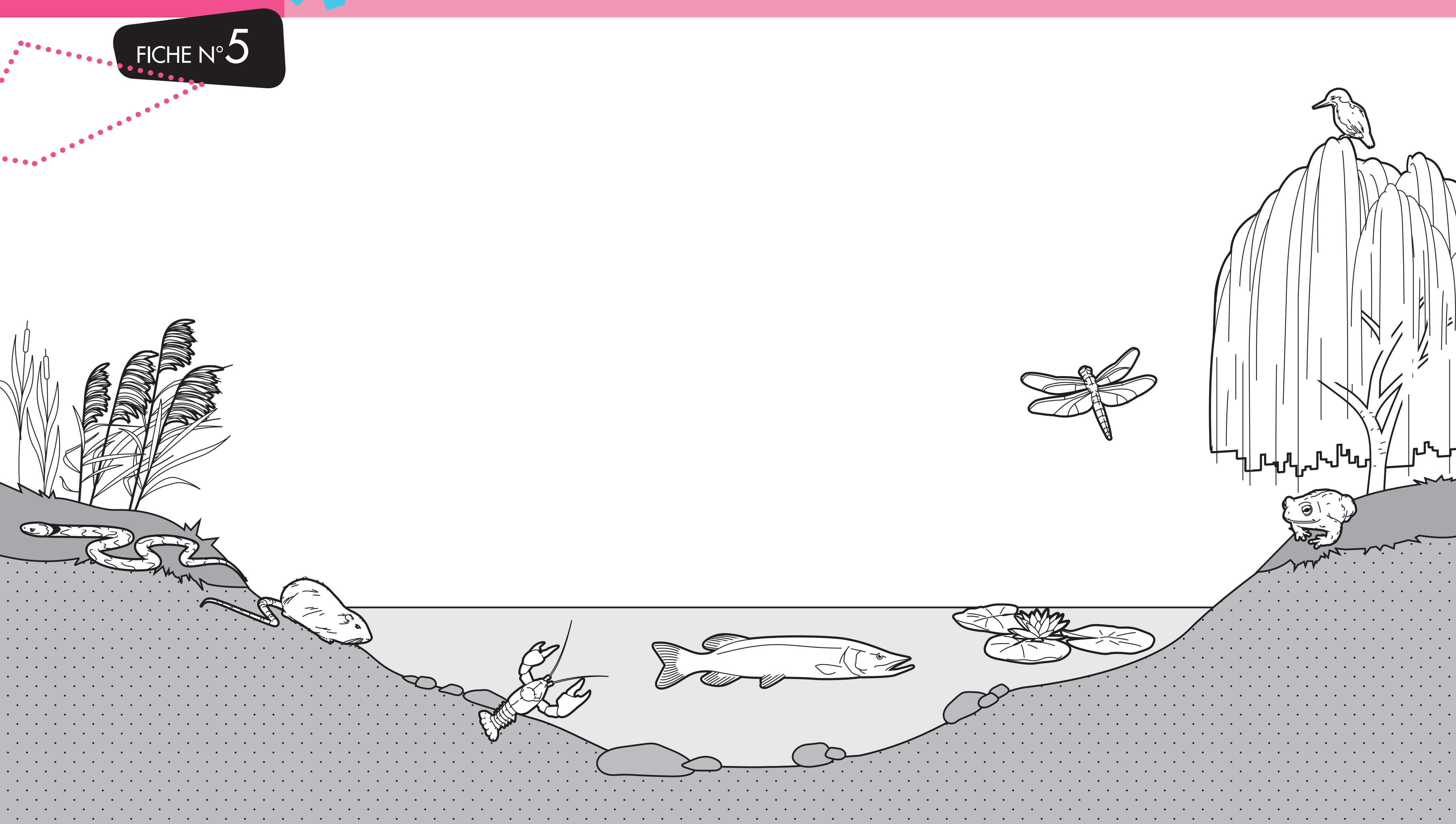
8 Sur le dessin, lis les six mots décrivant le parcours d'un fleuve. **Relie chaque mot à sa place sur le dessin**.

9 Dans quelle partie l'eau est-elle **la plus froide et la plus propre** ? ______________________

Pourquoi ? ______________________

LES ANIMAUX ET LES PLANTES DE LA RIVIÈRE

FICHE N°5



1 Colorie en vert **les végétaux** : le nénuphar, le roseau et le saule.

- Lequel est un arbre ? ____________________
- Quelle plante vit dans l'eau ? ____________________
- Entoure en vert le roseau sur le dessin. Attention à ne pas confondre le roseau (ou phragmite) et la massette.

2 Chez les animaux, il y a plusieurs grandes familles. On trouve par exemple les oiseaux, les insectes, les reptiles et les poissons. Parmi la liste d'animaux, entoure **en rouge les oiseaux** et **en bleu les poissons.**

la perche	le goujon	le martin-pêcheur	la carpe
le héron	le cormoran	le goéland	l'anguille
le poisson chat	le canard	la truite	le brochet

3 Le **martin-pêcheur** est un oiseau à la tête et aux ailes bleues et au ventre orange. Sur le dessin, il est perché sur un arbre.

- Colorie-le correctement.
- Devine pourquoi on l'appelle ainsi ? ____________________
- Peux-tu en déduire où il vit ? ____________________

4 **Le brochet** est un grand poisson allongé qui se nourrit de poissons, de grenouilles et d'écrevisses. Il possède des centaines de dents pour manger tout cela ! Le reconnais-tu sur le dessin ? **Entoure-le en bleu.**

5 Comment s'appelle **l'insecte qui vole au-dessus de l'eau** ? ____________________

6 La **couleuvre** est un serpent. La vois-tu sur le dessin ? À quelle famille appartient-elle ? ____________________



LE CYCLE DE L'EAU EN VILLE ET LA FACTURE D'EAU

Monsieur et Madame RIVIÈRE 6 rue des Libellules 93330 NEUILLY-SUR-MARNE		**Période de consommation facturée : janvier à mars 2009**	
DÉTAIL DE VOTRE FACTURE	**Volume d'eau consommé (en m³)**	**Prix unitaire (en euros)**	**Montant total (en euros)**
DISTRIBUTION DE L'EAU POTABLE			
Consommation	60	1,5	90
Prime fixe			4
Location de compteur			3
Préservation des ressources en eau	60	0,1	6
COLLECTE ET TRAITEMENT DES EAUX USÉES			
Redevance communale	60	0,5	30
Redevance départementale	60	0,6	36
Redevance interdépartementale	60	0,4	24
ORGANISMES PUBLICS			
Lutte contre la pollution	60	0,4	24
Modernisation des réseaux	60	0,3	18
Développement des voies navigables	60	0,02	1
Montant total de la facture			**236**
Prix moyen au m³			**4**

Repères :
1 m³ = 1000 litres (environ sept baignoires)
m³ : lire mètre cube

Chaque jour, nous utilisons de l'eau pour boire, préparer les repas, nous laver, nettoyer nos vêtements et faire la vaisselle. Pour cela, de l'eau est prélevée dans une rivière ou dans une nappe souterraine, elle est ensuite traitée dans une usine et devient de ***l'eau potable****. Elle est stockée dans des réservoirs, par exemple dans un* ***château d'eau.*** *L'eau potable est alors transportée dans des tuyaux jusqu'aux habitations. Là, nous l'utilisons et nous la salissons.*

L'eau usée *part dans les égouts et rejoint* ***une station d'épuration*** *pour être "nettoyée", c'est-à-dire débarrassée des pollutions qu'elle contient. Au terme de ce traitement, l'eau est rejetée dans une rivière ou un fleuve. On parle d'assainissement pour évoquer le transport et le traitement des eaux usées.*
Toutes ces étapes constituent ***le cycle de l'eau domestique****.*
Afin de financer les transports et les traitements de l'eau, chaque famille doit payer une somme basée sur la quantité d'eau qu'elle utilise, c'est le volume d'eau potable consommé. Cette somme est calculée sur ***la facture d'eau****.*

À partir de cet exemple de facture d'eau, réponds aux questions suivantes.

1 Quel est le volume d'eau consommé par cette famille entre janvier et mars 2009 en mètres cubes (m^3) ? ____________

2 Pour la famille Rivière, combien coûte la part concernant la distribution de l'eau potable ? ____________

3 Quel est le montant de la facture destiné à payer la collecte et le traitement des eaux usées ? ____________

4 S'ils avaient consommé 120 m^3 d'eau, combien auraient-ils payé pour la collecte et le traitement des eaux usées ? ________

5 Quels sont les coûts qui ne varient pas selon la consommation de la famille ?

____

6 Quel est le prix moyen du mètre cube d'eau indiqué sur la facture ? ____________

7 Combien y a-t-il de litres dans un m^3 ? ____________

8 Dans un magasin, 1 litre d'eau minérale en bouteille coûte environ 40 centimes d'euros, donc 1000 litres d'eau minérale en bouteille coûtent 400 euros. Quelle eau est la moins chère : l'eau du robinet ou l'eau minérale en bouteille ?
Afin de répondre à cette question, remplis le tableau suivant avec les informations disponibles dans la question et sur la facture et compare les prix.

Comparaison des prix de l'eau (en euros)	**Eau du robinet** (facture)	**Eau minérale** (en bouteille)
1000 litres		

L'eau la moins chère est ____________

9 Pour le prix de 1000 litres d'eau potable, combien puis-je acheter de bouteilles d'eau minérale ? ____________

CYCLE 3

L'ASSAINISSEMENT DANS LE MONDE

FICHE N° 2

*Pour **protéger la santé** des personnes, et en particulier des jeunes enfants, il est fondamental que chaque famille possède **un système d'assainissement au sein de son habitation** : soit des toilettes, soit des **latrines**. Hélas, dans certaines régions du monde, beaucoup de familles ne possèdent pas un tel équipement.*

La carte suivante indique, pour chaque pays, le pourcentage de la population utilisant un système d'assainissement.

	moins de 50 %	*Pays les moins bien équipés*
	50-75 %	*Pays peu équipés*
	76-90 %	*Pays assez bien équipés*
	91-100 %	*Pays très bien équipés*

Une latrine est un endroit aménagé pour faire ses besoins. Contrairement aux toilettes, c'est un abri situé en dehors de la maison. Il n'y a pas de chasse d'eau, on rince avec un petit seau ou un arrosoir. Sous les toilettes, les excréments sont évacués dans les égouts. Par contre, sous les latrines, l'urine s'infiltre dans la terre et les excréments sont récupérés dans une fosse qu'il faut vider régulièrement.

Sur ces photos, on peut voir des latrines installées dans une école élémentaire au Niger.



1 Observe bien les quatre catégories de **la légende,** avec les pourcentages et les indications. Repère la France sur le planisphère et note sa catégorie.

2 Repère le symbole qui représente les pays où il y a **le plus petit pourcentage de systèmes d'assainissement** ?
Colorie en jaune les pays concernés.
Quels sont les deux continents qui sont le plus touchés par ce problème de sous-équipement ?

3 Quels sont les deux continents qui sont **le moins touchés** par ce problème ? Pourquoi ?

4 Dans les pays en développement et encore parfois à la campagne en France, comment s'appelle **l'équivalent de nos toilettes** ?

5 Les toilettes et les latrines présentent de nombreuses différences.
Réponds aux questions ci-dessous par **L pour latrines** ou **T pour toilettes**. Attention, tu peux aussi répondre les deux à la même question.

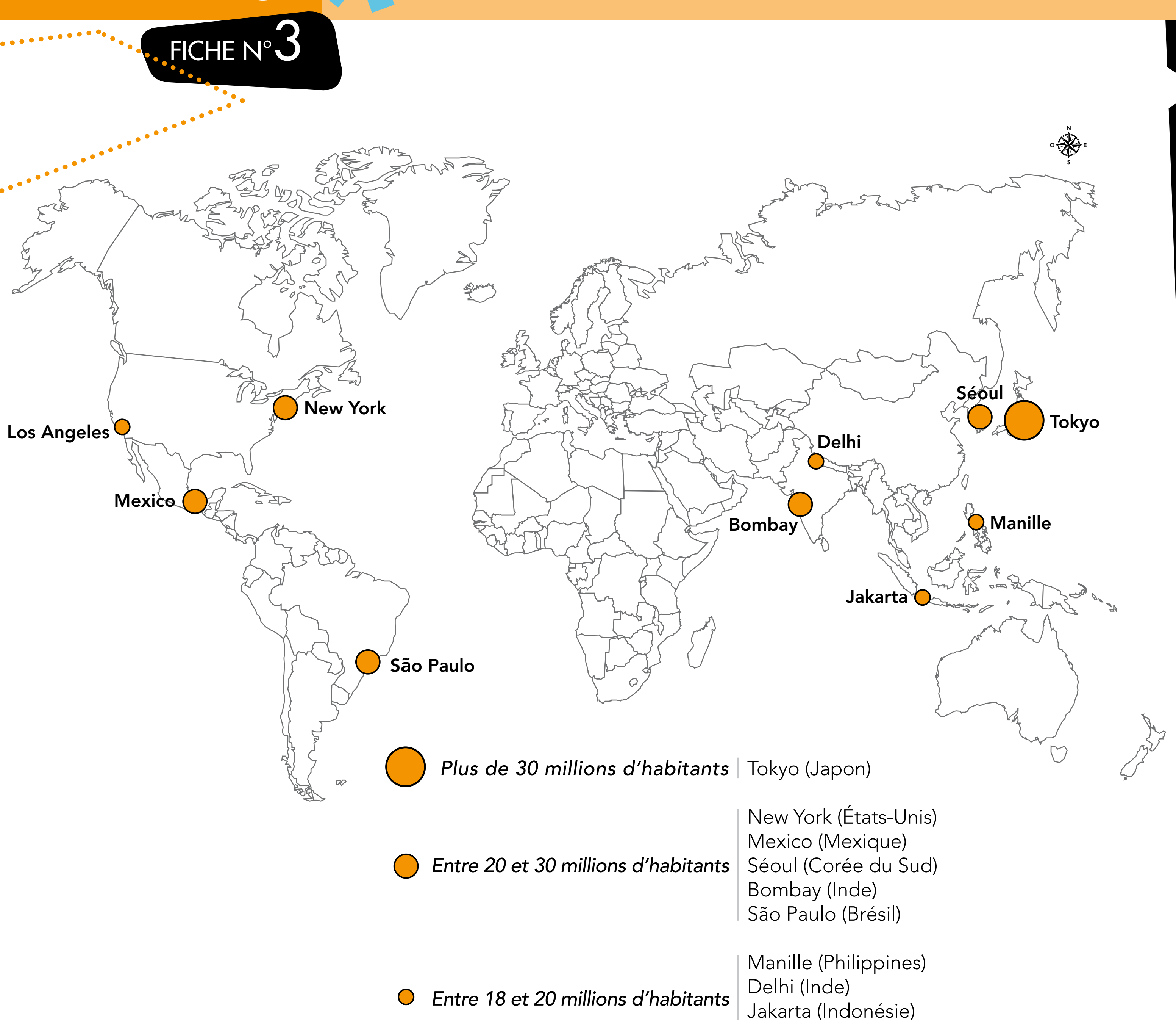
Je possède une chasse d'eau	
Je suis située dehors.	
Il faut venir avec de l'eau pour rincer après son passage.	
Je suis reliée aux égouts et à une station d'épuration.	
Souvent, il n'y a pas de siège pour s'asseoir.	
L'urine s'écoule dans le sol et les excréments vont dans une fosse.	
Je protège la santé des personnes et l'environnement.	

6 Quel est le geste très important à faire **après être passé aux toilettes** ? Pourquoi ?

CYCLE 3

LES MÉGAPOLES

FICHE N°3



*Lorsqu'on considère une grosse ville et sa banlieue, on parle **d'agglomération**, par exemple l'agglomération parisienne.*
*Lorsqu'une agglomération est très importante et qu'elle atteint 10 millions d'habitants, on emploie le terme de **mégapole**. Il y en a actuellement une trentaine dans le monde. Sur la carte ci-dessous, les dix plus grosses mégapoles sont situées.*
*Certaines mégapoles se sont développées très vite, sans que des plans de rues soient dessinés ou que la question de l'eau et des déchets soit réglée. Il y a donc souvent de **graves problèmes sanitaires** qui concernent **une population de plus en plus importante dans le monde.***

1 Compte le nombre de mégapoles situées dans chacun des six continents et remplis le tableau ci-contre.

Attention ! L'Indonésie est un pays à cheval sur deux continents : l'Asie et l'Océanie, mais sa capitale Jakarta est située en Asie.

Continent	**Nombre de mégapoles**
Amérique du Nord	
Amérique du Sud	
Europe	
Afrique	
Asie	
Océanie	

2 Dans quel continent y en a-t-il le plus ?

____

3 L'adjectif permettant de décrire les villes est **urbain,** celui décrivant les campagnes est **rural.** Actuellement, la moitié de la population mondiale est urbaine et l'autre moitié est rurale.
Avec l'agrandissement très rapide des villes partout dans le monde, est-ce la part de la population rurale ou de la population urbaine qui devient majoritaire ?

____

____

4 Essaie d'imaginer un risque lié à l'assainissement qui peut toucher ces mégapoles de plus en plus grandes et nombreuses ?

____

____

____

____



L'IMPACT DU REJET D'EAU NON TRAITÉE

*Quand on rejette de l'eau sale dans une rivière ou dans la mer, l'eau peut contenir des **éléments toxiques**, dangereux pour la santé des animaux qui vivent dans l'eau, ainsi que pour les humains. L'eau usée contient aussi des **éléments nutritifs**, nécessaire à la flore et à la faune. S'il y en a trop, les algues et les plantes poussent beaucoup, il n'y a plus assez d'oxygène et les poissons ont du mal à respirer. Ce phénomène s'appelle l'**eutrophisation**.*

Pollution

La consommation de poissons interdite en basse Seine

CONSOMMER et vendre des poissons pêchés dans la Seine en aval de Vernon, dans l'Eure, est désormais interdit, a annoncé hier la préfecture de Seine-Maritime. 61 % des poissons analysés par l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa) contiennent trop de PCB, un produit chimique très toxique prohibé depuis 1987. Certains poissons sont contaminés à un niveau « très supérieur au seuil maximum réglementaire », précise le communiqué.

En janvier, une première interdiction avait été prononcée, mais elle ne concernait que les anguilles de la baie de Seine. La consommation et la vente de poissons du Rhône sont par ailleurs interdites depuis août 2007. Cette nouvelle interdiction « n'a hélas rien de surprenant », note Alain Chabrolle, de France Nature Environnement, qui rappelle que depuis deux décennies les concentrations de PCB dans les sédiments sont « extrêmement élevées » non seulement dans la Seine et dans le Rhône mais aussi dans la Moselle, le Rhin et la Somme. Plusieurs analyses de l'Ifremer ont par ailleurs relevé des concentrations de PCB excessives dans des moules de la baie de Seine, qui ne sont pourtant pas interdites à la consommation.

MATTHIEU AUZANNEAU

Le Parisien, 03/10/08

Lis attentivement l'article de journal ci-contre.



1 Quel est le nom du produit chimique très toxique retrouvé dans les poissons ?

2 L'auteur de l'article écrit que ce produit chimique est "prohibé depuis 1987", qu'est-ce que cela veut dire ?

3 Pourquoi est-il interdit de manger les poissons pêchés dans la basse Seine ?

4 Quel est le pourcentage de poissons contaminés ?

5 Quels sont les autres animaux dans lesquels on retrouve des PCB ?

6 Cite deux rivières ou fleuves dans lesquels on retrouve des PCB ?

7 Observe bien cette photo. Qu'est-ce qui s'est déposé sur la plage ?

8 Les eaux usées des habitations et de l'agriculture apportent des éléments nutritifs en trop grande quantité qui font pousser les algues. Comment appelle-t-on ce phénomène ?

9 Quelle est la conséquence sur les poissons ?



L'HISTOIRE DE L'ASSAINISSEMENT EN RÉGION PARISIENNE

Période	Siècles	Nombre d'habitants	Gestion des eaux usées
Époque gallo-romaine	Ier au Ve	8 000	**Lutèce** (l'ancien nom de Paris) est une petite ville d'environ 8 000 habitants, établie sur une île de la Seine. Les habitants jettent leurs **eaux usées** dans la rue ou dans les champs. Avec la pluie, ces eaux finissent dans la Seine.
Moyen-Âge	Ve au XVe	100 000 à 150 000	**Paris s'est beaucoup développée,** il y a bien plus d'habitants, et donc plus d'eaux usées. De nombreux commerçants et artisans sont installés près de la Seine (bouchers, poissonniers, tanneurs) et jettent leurs déchets dans le fleuve. Les mauvaises **odeurs** sont très pénibles. L'eau prélevée dans la Seine pour être bue est de mauvaise qualité et des maladies très graves tuent beaucoup de personnes.
Renaissance et époque moderne	XVe au XVIIIe	150 000 à 600 000	**La Seine est très sale** et de nombreux Parisiens sont malades. Pour améliorer la situation, des **décisions** sont prises : • plus de cochons, de lapins et de poulets dans Paris, • le nettoyage régulier des rues, • une fosse sous chaque immeuble pour stocker les excréments.
19ème siècle	XIXe	600 000 à 2 000 000 (2 millions)	Paris se modernise. Hélas, il y a toujours des **épidémies** (le choléra). L'empereur **Napoléon III** souhaite une capitale plus belle et plus saine. Le préfet de Paris (Haussmann) et l'ingénieur des eaux (Belgrand) décident d'aller puiser de l'eau propre loin de Paris pour que les habitants puissent boire sans être malades. Ils creusent aussi des égouts pour les eaux usées. Grâce à cela, il n'y a **plus d'épidémies.**
20ème siècle	XXe	2 à 11 millions	Au début du siècle, tous les **égouts** de Paris se rejoignent pour rejeter les eaux usées au même endroit dans la Seine, en aval de Paris. L'eau devient noire et les poissons meurent. Des chercheurs inventent des techniques d'assainissement et construisent les **premières stations d'épuration**. Peu à peu, la Seine redevient propre et les **poissons** reviennent vivre en région parisienne.

1 Durant les quinze premiers siècles de l'histoire, où les Parisiens jettent-ils **leurs eaux usées** ?

2 Pourquoi la situation s'est **aggravée** entre l'époque gallo-romaine et le Moyen-âge ?

3 Il y a une terrible **épidémie de choléra** en France dans les années 1830 faisant 100 000 victimes. Que signifie le mot épidémie ? Cite d'autres exemples d'épidémies.

4 Durant la **Renaissance**, quelle amélioration est mise en place dans les logements des Parisiens ?

5 Cette solution a-t-elle permis d'**éliminer les maladies** ? Pourquoi ?

6 Quelles sont les deux actions au 19ème siècle qui vont permettre d'empêcher définitivement les épidémies dues aux **problèmes de l'eau à Paris** ?

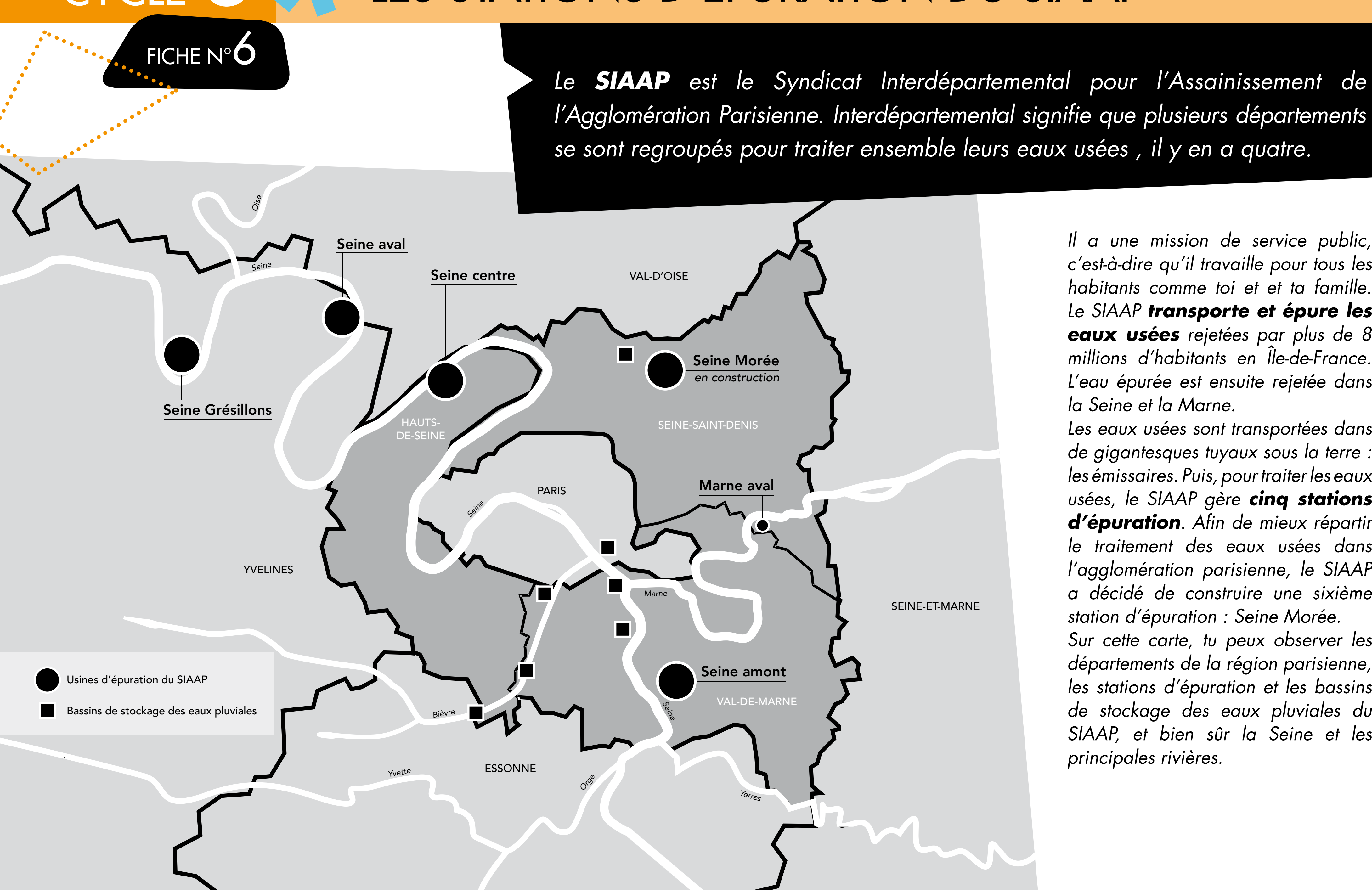
7 Il y a un siècle, **les animaux et les plantes de la Seine** étaient en danger, pourquoi ?

8 Quelle invention du 20ème siècle a permis de **protéger l'environnement**, la Seine et toutes les rivières de France ?

LES STATIONS D'ÉPURATION DU SIAAP

FICHE N°6

*Le **SIAAP** est le Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne. Interdépartemental signifie que plusieurs départements se sont regroupés pour traiter ensemble leurs eaux usées , il y en a quatre.*



*Il a une mission de service public, c'est-à-dire qu'il travaille pour tous les habitants comme toi et ta famille. Le SIAAP **transporte et épure les eaux usées** rejetées par plus de 8 millions d'habitants en Île-de-France. L'eau épurée est ensuite rejetée dans la Seine et la Marne.*

*Les eaux usées sont transportées dans de gigantesques tuyaux sous la terre : les émissaires. Puis, pour traiter les eaux usées, le SIAAP gère **cinq stations d'épuration**. Afin de mieux répartir le traitement des eaux usées dans l'agglomération parisienne, le SIAAP a décidé de construire une sixième station d'épuration : Seine Morée.*

Sur cette carte, tu peux observer les départements de la région parisienne, les stations d'épuration et les bassins de stockage des eaux pluviales du SIAAP, et bien sûr la Seine et les principales rivières.



1 Sur la carte, tu peux voir Paris au milieu, puis les trois départements de **la petite couronne** et enfin les quatre départements de **la grande couronne** autour.
Souligne en bleu le nom des départements de la petite couronne et **en vert** ceux de la grande couronne.

2 Quelle ville est aussi un département ?

____

3 Combien y a-t-il de départements dans la région Île-de-France ?

____

4 Dans quel département habites-tu ?

____

5 Si cela est possible, **dessine une étoile** sur la carte à l'endroit où tu vis.

6 Le SIAAP a construit **cinq grandes stations d'épuration**, tu peux les repérer sur la carte à l'aide des ronds. Pourquoi sont-elles toujours situées près d'un cours d'eau ?

____

____

7 Quatre stations d'épuration sont situées à proximité de la Seine. Trace son cours en bleu. À côté de quelle rivière est située la cinquième station d'épuration ?

____

8 **Place une flèche sur la Seine** afin de montrer son sens d'écoulement ? Aide-toi d'une carte de France pour trouver la réponse.

9 Si tu habites la petite couronne, quelle **station d'épuration** est située dans ton département ?

____

Si tu habites les Yvelines, quelles sont les deux stations d'épuration présentes dans ton département ?

____

10 Comment s'appelle **la plus grande station d'épuration** du SIAAP ? Pourquoi s'appelle-t-elle ainsi ?

____

____

11 Que stockent les bassins dessinés **en carrés** ?

____

12 La sixième station d'épuration du SIAAP – **Seine-Morée** – porte le nom de la petite rivière dans laquelle les eaux épurées seront rejetées. Elle ouvrira en 2012. Dans **quel département** sera-t-elle située ?

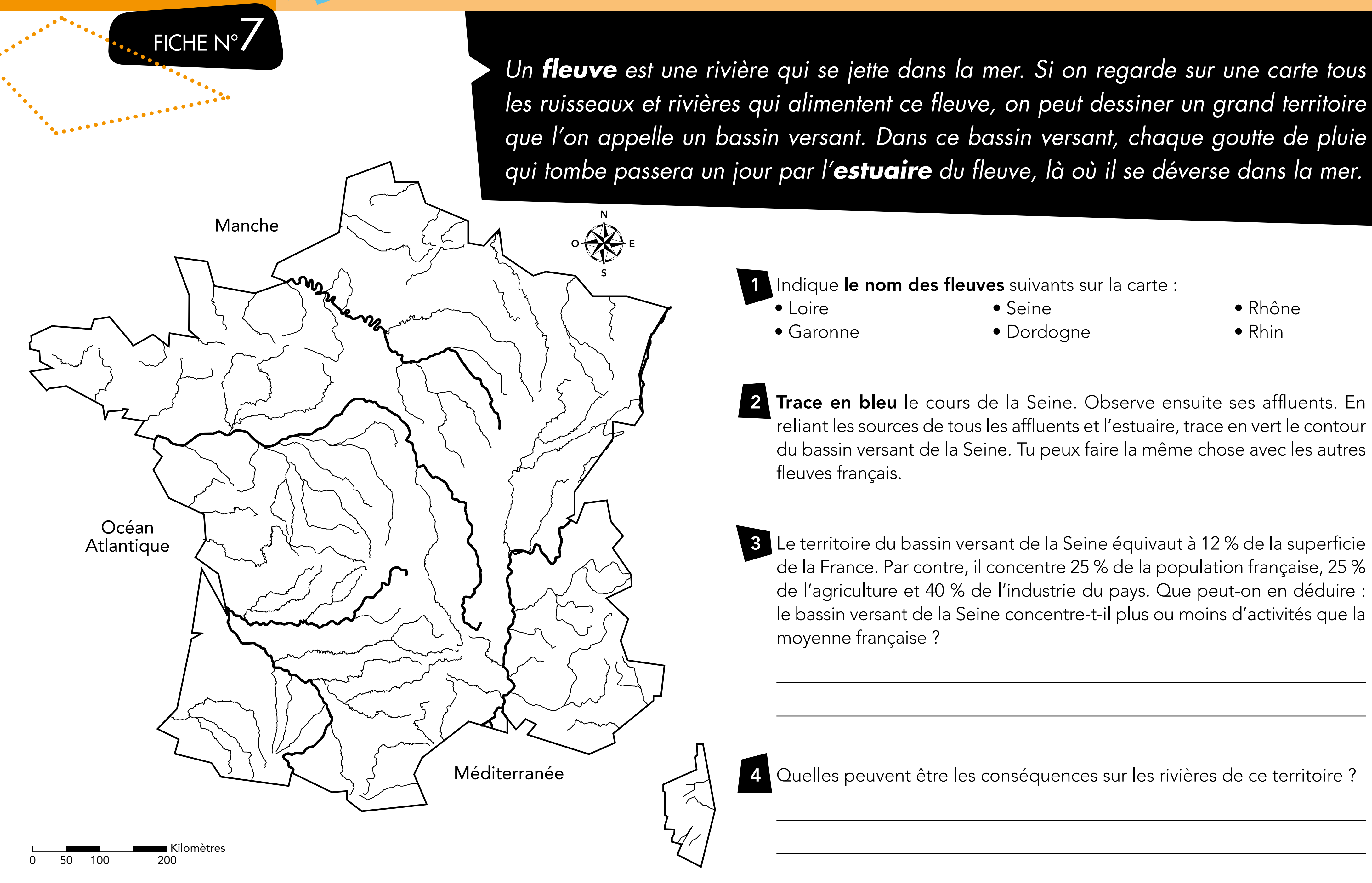
____

CYCLE 3

LA SEINE ET SON BASSIN VERSANT

FICHE N°7

*Un **fleuve** est une rivière qui se jette dans la mer. Si on regarde sur une carte tous les ruisseaux et rivières qui alimentent ce fleuve, on peut dessiner un grand territoire que l'on appelle un bassin versant. Dans ce bassin versant, chaque goutte de pluie qui tombe passera un jour par l'**estuaire** du fleuve, là où il se déverse dans la mer.*



1 Indique **le nom des fleuves** suivants sur la carte :

- Loire
- Seine
- Rhône
- Garonne
- Dordogne
- Rhin

2 **Trace en bleu** le cours de la Seine. Observe ensuite ses affluents. En reliant les sources de tous les affluents et l'estuaire, trace en vert le contour du bassin versant de la Seine. Tu peux faire la même chose avec les autres fleuves français.

3 Le territoire du bassin versant de la Seine équivaut à 12 % de la superficie de la France. Par contre, il concentre 25 % de la population française, 25 % de l'agriculture et 40 % de l'industrie du pays. Que peut-on en déduire : le bassin versant de la Seine concentre-t-il plus ou moins d'activités que la moyenne française ?

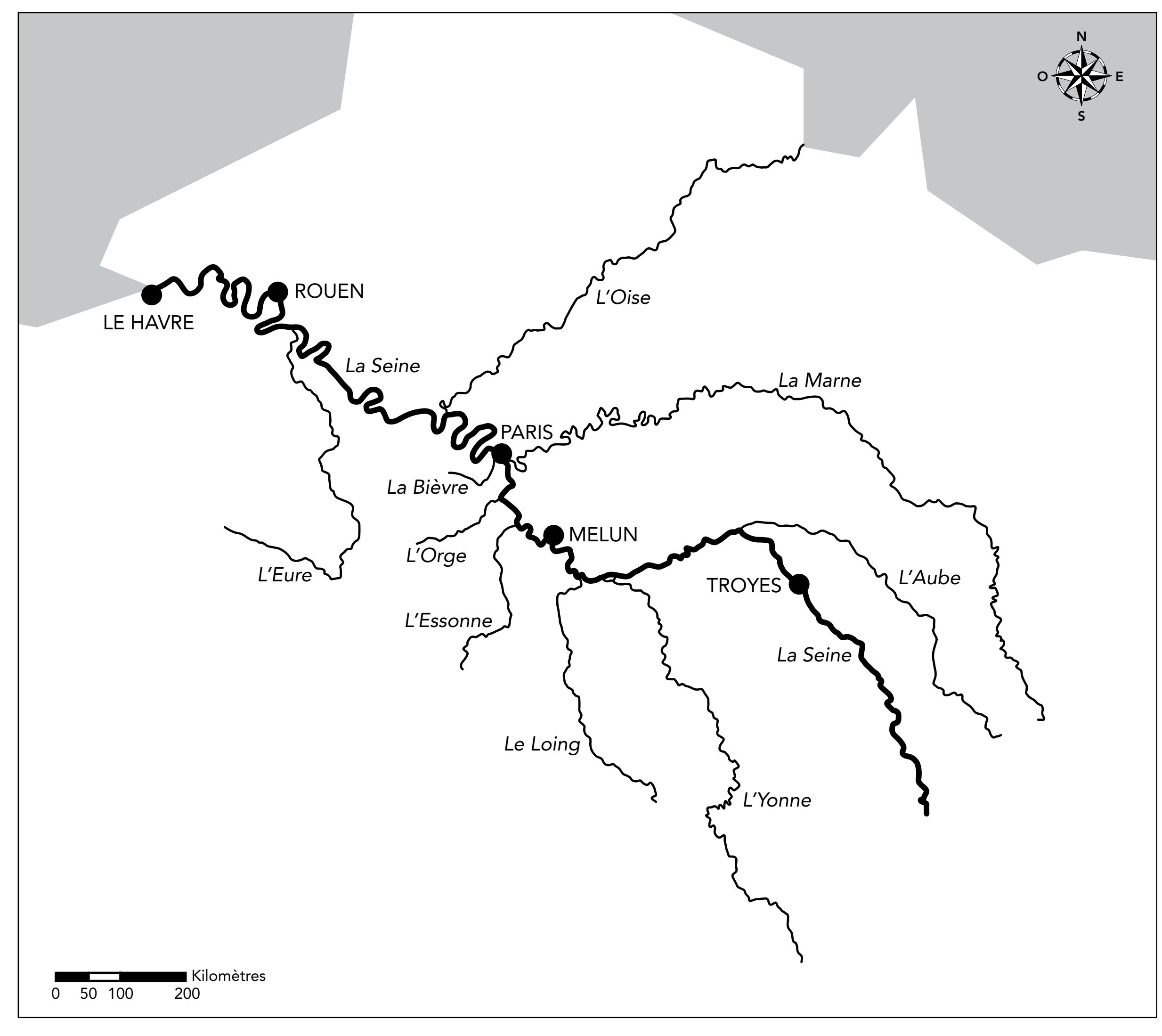
____

____

4 Quelles peuvent être les conséquences sur les rivières de ce territoire ?

____

____



Légende :

5 La Seine prend sa **source** en Bourgogne à 470 mètres d'altitude. Trace une étoile à cet emplacement.

6 Dans quelle mer ou quel océan se jette la Seine ?

____

7 Les plus grands **affluents** de la Seine sont l'Aube, l'Yonne, le Loing, l'Essonne, l'Orge, l'Yerres, la Marne, la Bièvre, l'Oise, l'Eure). Souligne en orange les affluents en rive droite et en violet les affluents en rive gauche.

8 La **confluence** de l'Oise avec la Seine se situe-t-elle à l'amont ou à l'aval de Paris ? ______________________________

9 Observe les villes établies sur la Seine. (Troyes, Melun, Paris, Rouen, Le Havre)
Comment appelle-t-on le tracé sinueux d'une rivière, tel qu'on peut le voir au niveau de Rouen ?

____

10 Quelle ville est située au niveau de l'**estuaire** de la Seine ? Que signifie ce mot ?

____

____

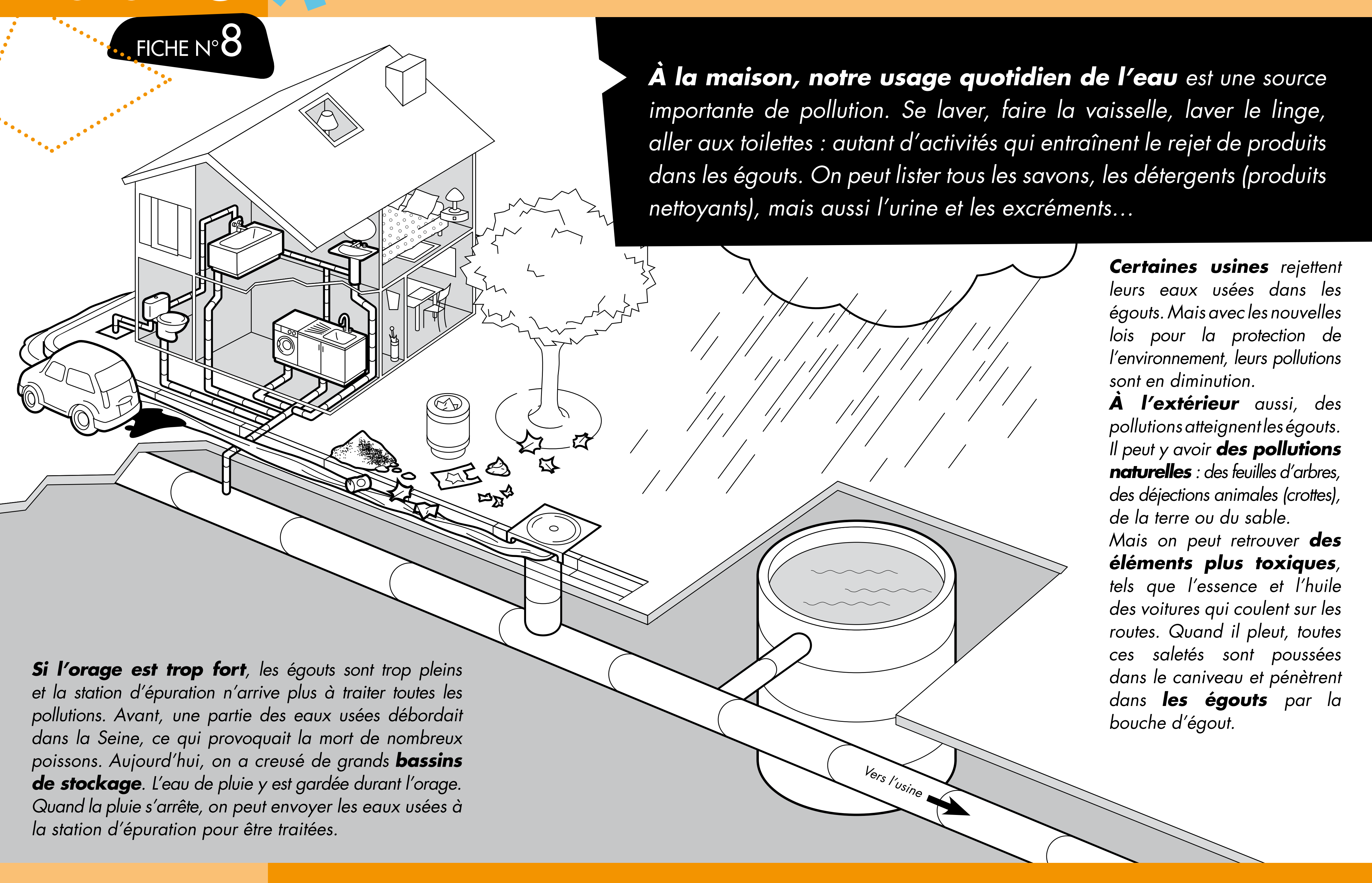
11 Sur environ 100 km, la Seine traverse de nombreuses villes, c'est la **région parisienne** (globalement entre Melun et l'embouchure de l'Oise). Trace en rouge la portion très urbanisée de la Seine.

12 Jusqu'à Rouen, la **marée** exerce une influence : l'eau salée de la mer remonte dans le fleuve et se mélange à l'eau douce de la Seine. Colorie en vert cette portion du fleuve.

13 **Réalise une légende** avec les symboles et les couleurs que tu as placés sur cette carte.

LES UTILISATIONS DE L'EAU ET LES POLLUTIONS

FICHE N°8



À la maison, notre usage quotidien de l'eau *est une source importante de pollution. Se laver, faire la vaisselle, laver le linge, aller aux toilettes : autant d'activités qui entraînent le rejet de produits dans les égouts. On peut lister tous les savons, les détergents (produits nettoyants), mais aussi l'urine et les excréments…*

Certaines usines *rejettent leurs eaux usées dans les égouts. Mais avec les nouvelles lois pour la protection de l'environnement, leurs pollutions sont en diminution.*

À l'extérieur *aussi, des pollutions atteignent les égouts. Il peut y avoir* ***des pollutions naturelles*** *: des feuilles d'arbres, des déjections animales (crottes), de la terre ou du sable.*

Mais on peut retrouver ***des éléments plus toxiques****, tels que l'essence et l'huile des voitures qui coulent sur les routes. Quand il pleut, toutes ces saletés sont poussées dans le caniveau et pénètrent dans* ***les égouts*** *par la bouche d'égout.*

Si l'orage est trop fort*, les égouts sont trop pleins et la station d'épuration n'arrive plus à traiter toutes les pollutions. Avant, une partie des eaux usées débordait dans la Seine, ce qui provoquait la mort de nombreux poissons. Aujourd'hui, on a creusé de grands* ***bassins de stockage****. L'eau de pluie y est gardée durant l'orage. Quand la pluie s'arrête, on peut envoyer les eaux usées à la station d'épuration pour être traitées.*

1 Quelles sont les pièces de nos habitations qui sont reliées aux **réseaux d'eau potable et d'eau usée** ?

____

Sur le dessin de la maison, colorie en bleu les tuyaux qui amènent l'eau potable et en marron les tuyaux qui évacuent l'eau sale.

2 Quels sont les éléments et produits qui vont **polluer l'eau** pour chacune des pièces de la maison ?

- Cuisine : ______________________________
- Salle de bain : ______________________________
- Toilettes : ______________________________

3 Dans la rue, qu'est-ce qui entraîne les déchets vers les **égouts** ?

____

4 Comment s'appelle **le trou du caniveau** qui déverse les eaux dans les égouts ?

____

5 Observe sur le dessin les pollutions de l'extérieur qui peuvent être emportées par **les eaux de pluie** ? Cites-en cinq.

____

____

6 Entoure sur le dessin les **déchets naturels en vert**, les **déchets jetés par négligence en rouge** et les **déchets des véhicules en noir.** Parmi ces trois groupes, quelles sont les pollutions les plus toxiques et les plus difficiles à traiter ?

____

7 Que se passe-t-il lors de **très fortes pluies** ?

____

____

8. Quelle est la solution apportée ces dernières années pour régler le problème des **grosses averses** ?

____

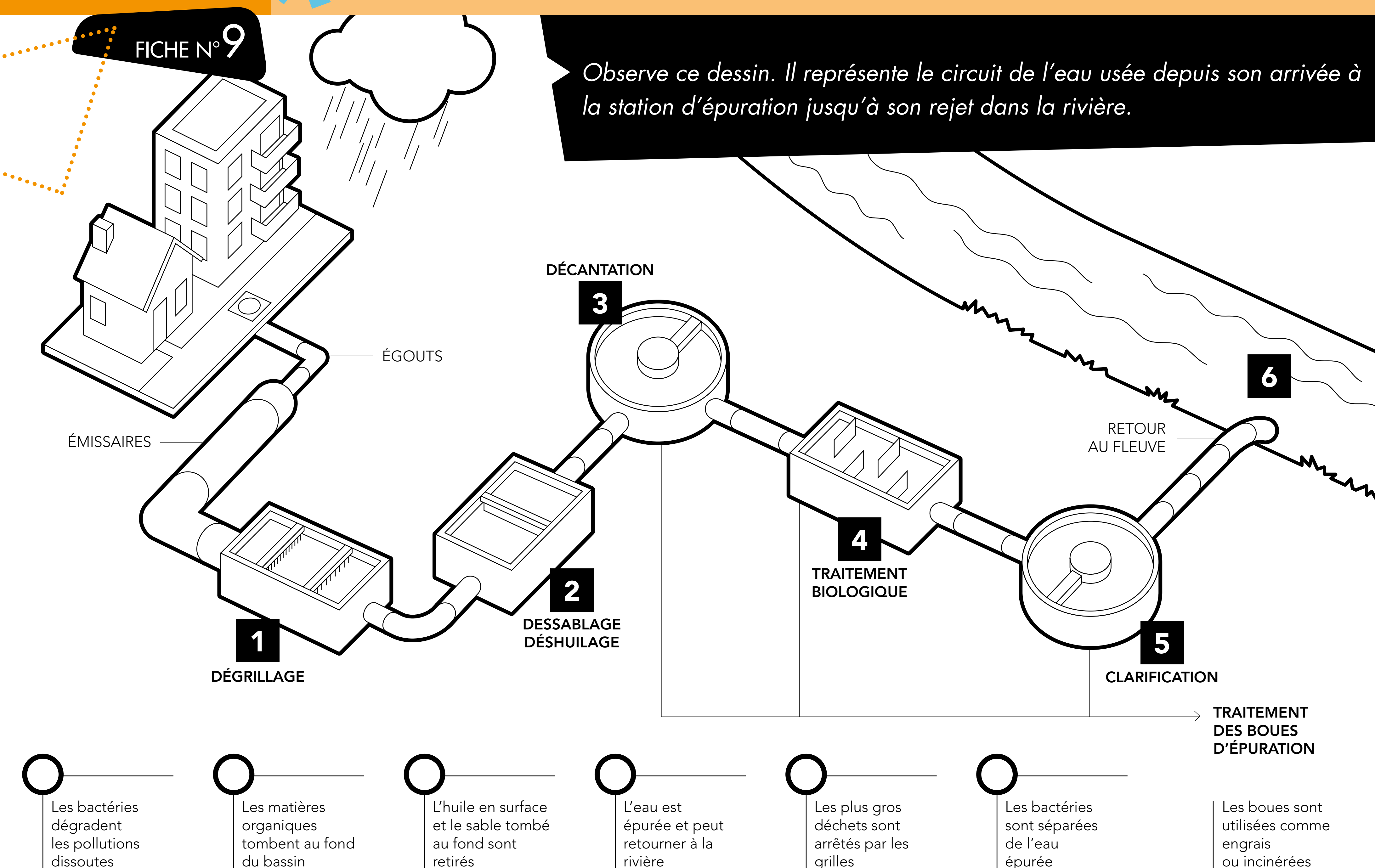
____

CYCLE 3

LES ÉTAPES D'UNE STATION D'ÉPURATION

FICHE N° 9

Observe ce dessin. Il représente le circuit de l'eau usée depuis son arrivée à la station d'épuration jusqu'à son rejet dans la rivière.



- Les bactéries dégradent les pollutions dissoutes
- Les matières organiques tombent au fond du bassin
- L'huile en surface et le sable tombé au fond sont retirés
- L'eau est épurée et peut retourner à la rivière
- Les plus gros déchets sont arrêtés par les grilles
- Les bactéries sont séparées de l'eau épurée
- Les boues sont utilisées comme engrais ou incinérées

1 Observe attentivement le schéma de la station d'épuration et le nom des étapes de traitement de l'eau.
Lis les petits textes en bas de page, chacun correspond à une étape.
Écris le nom de **chaque étape** au-dessus du texte correspondant.

2 Replace les étapes dans l'ordre **en numérotant de 1 à 6** dans les cercles.

3 Cite **quelques pollutions** retirées à ces étapes de la station d'épuration.

Le dégrillage	______________________ ______________________
Le dessablage et le déshuilage	______________________ ______________________
La décantation	______________________ ______________________
Le traitement biologique	______________________ ______________________

4 Une des étapes est décrite à part et ne possède pas de numéro. Laquelle ? Pourquoi ?

____

____

____

____

5 Après tous ces traitements, il reste des tonnes de **boues.** On peut recycler les boues de deux manières. À quoi serviront-elles dans leur nouvelle vie ?

- Si un agriculteur fait de l'épandage ? ______________________
- Si on les brûle ? ______________________

6 Complète ces **mots-croisés** grâce aux définitions proposées.

1. Cette étape élimine les plus gros déchets à l'aide de grilles.
2. Elles sont constituées des matières organiques déposées au fond de grands bassins.
3. Ces micro-organismes dévorent la pollution dissoute dans l'eau.
4. On la récupère lorsqu'elle est remontée à la surface de l'eau.
5. L'eau usée y chemine depuis les habitations jusqu'à la station d'épuration.
6. Cette étape permet de récupérer essentiellement les excréments.

6

5

1

2

3

4

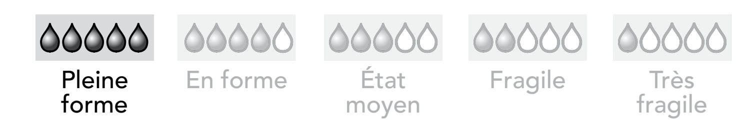
LES RÉSULTATS DE L'ASSAINISSEMENT

FICHE N° 10

Mesurer la qualité de l'eau de la Seine

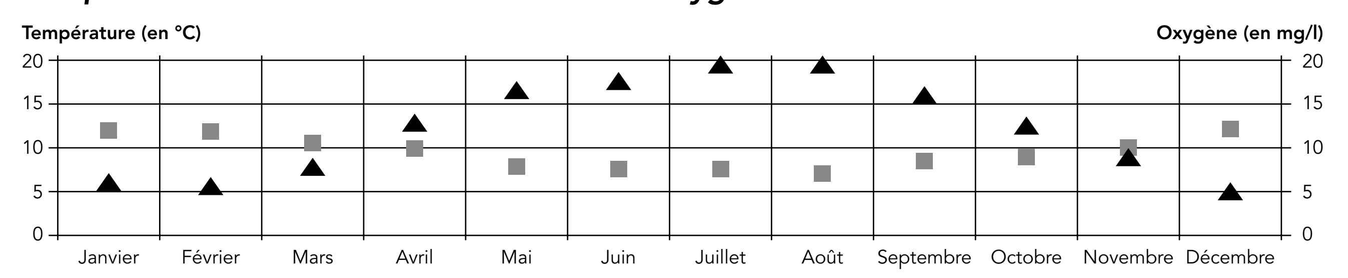
Afin de suivre la qualité de la Seine en région parisienne, **le SIAAP effectue des mesures dans l'eau** toutes les quinze minutes, tous les jours. Il utilise pour cela neuf capteurs immergés dans l'eau.
On détecte **la quantité d'oxygène dans l'eau** car cet indicateur permet de savoir si les poissons peuvent respirer convenablement.
Si de l'eau usée est rejetée dans une rivière, il y aura beaucoup de bactéries qui vont consommer la pollution. Ces bactéries respirent, il y aura donc moins d'oxygène dans l'eau et les poissons peuvent mourir.
On mesure également **la température de l'eau** et **le débit du fleuve**, c'est-à-dire la quantité d'eau qui s'écoule à chaque seconde.

À partir des ces données (température, oxygène et débit), un **indice de qualité de la Seine** a été créé par le SIAAP.



Il est symbolisé par cinq gouttes d'eau bleues et blanches. Il est présenté sur le site Internet du SIAAP et indique chaque jour si la qualité de l'eau est bonne. Si tu as accès à Internet, regarde quelle est la qualité de la Seine aujourd'hui.
http://www.siaap.fr/tableau-de-bord/

Température de l'eau et concentration en oxygène de la Seine en 2008



Ce graphique présente les valeurs de la température de l'eau et de la quantité d'oxygène dans la Seine en région parisienne pour les douze mois de l'année.

1 Sur le graphique, **trace en rouge** la courbe qui relie les triangles, elle montre **la température** de la Seine durant l'année 2008, entoure en rouge ce mot écrit à gauche.
Trace en bleu la courbe qui relie les carrés, elle présente **l'oxygène** dans la Seine, entoure en bleu ce mot écrit à droite.

2 Quels sont les trois mois durant lesquels il y a le moins d'oxygène dans la Seine ? À quelle saison cela correspond-il ? ____________________

3 Durant cette saison, un rejet d'eau sale dans la Seine serait très dangereux pour les poissons. Pourquoi ?

____

____

4 Quelle est la température moyenne de l'eau de la Seine en hiver (entre décembre et février) ?

____

Et en été (en juillet et en août) ? ____________________

5 Que peut-on conclure sur les relations entre la température et la quantité d'oxygène dans l'eau ?

- Au printemps, la température de l'eau augmente, la quantité d'oxygène ____________
- À l'automne, la température de l'eau ____________ , la quantité d'oxygène ____________

Compter le nombre d'espèces de poissons présentes dans la Seine en région parisienne

Tous les ans, le SIAAP capture des poissons afin de les compter, de noter leur espèce, de les mesurer et de les peser, puis il les relâche dans la rivière. Les agents utilisent la technique de la **pêche électrique** qui endort les poissons pendant quelques minutes.
Cette courbe présente **le nombre total d'espèces de poissons pêchées dans la Seine et la Marne en région parisienne** depuis 1990.

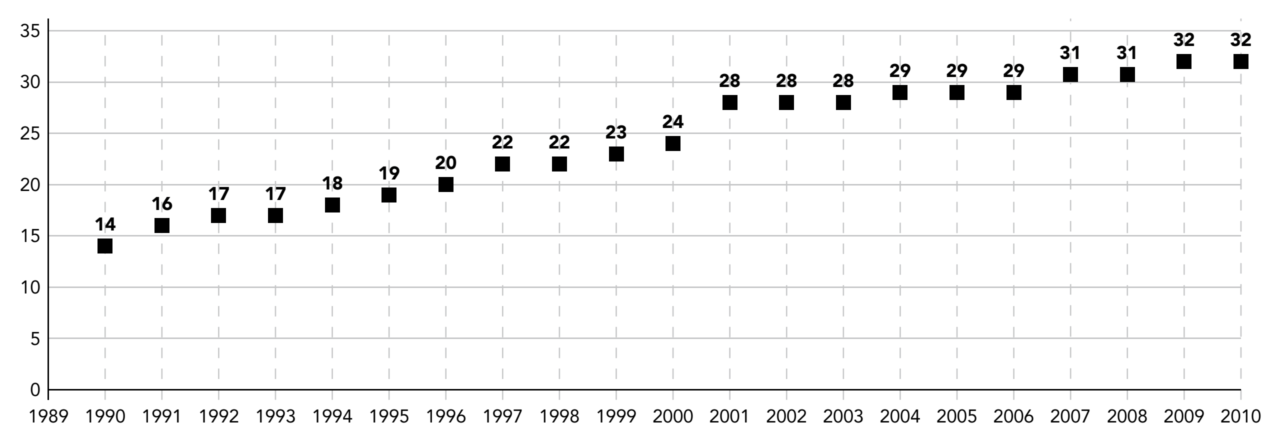
Un saumon aux portes de Paris



SURESNES (HAUTS-DE-SEINE), LE 3 OCTOBRE. *C'est une belle pièce, porteuse de bonne nouvelle : un saumon atlantique de 7 kg a été pêché le 3 octobre dans la Seine, au barrage de Suresnes (Hauts-de-Seine), près de Paris. Voilà soixante-dix ans que cela n'était pas arrivé, a révélé hier la Fédération nationale de la pêche en France. Les saumons remontaient le fleuve jusque dans les années 1920, mais ils avaient peu à peu disparu, en raison de la pollution de l'eau et de la construction de nombreux barrages. Si le saumon, qui est un « bio-indicateur », remonte à nouveau aujourd'hui, « cela veut dire qu'on a une eau qui est de relativement bonne qualité. Elle s'est améliorée », se félicite Sandrine Armirail, directrice de la Maison de la pêche et de la nature.* (AFP)

(Le Parisien, 10/10/08)

Nombre d'espèces en région parisienne



6 Décris l'évolution du nombre d'espèces de poissons entre 1990 et 2010.

____

7 Combien de nouvelles espèces de poissons sont apparues dans la Seine en région parisienne depuis les premières mesures ? ______________________

8 En quelle année peut-on observer la plus forte augmentation ? ______________

9 Lis l'article de journal ci-contre. Le saumon est un poisson qui ne supporte pas les eaux polluées. Pourquoi est-il "porteur de bonne nouvelle" pour la Seine ?

____

____

10 Si la pollution dérange beaucoup le saumon, il existe un aménagement humain qui le perturbe aussi dans ses déplacements, qu'est-ce que c'est ?

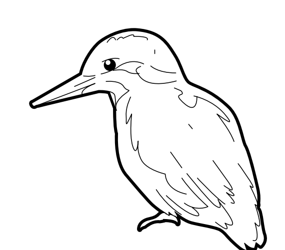
____

LA BIODIVERSITÉ AQUATIQUE

FICHE N° 11

Dessin d'un écosystème aquatique

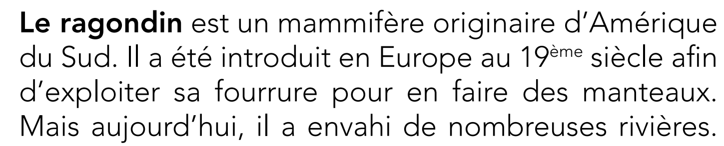
Le brochet est un poisson au corps allongé vert et jaune, couvert de petites écailles. Il mesure entre 50 et 100 centimètres et pèse entre 2 et 10 kilos. On le trouve dans les rivières qui s'écoulent lentement, ainsi que les lacs et les étangs, avec beaucoup de végétation. Il se nourrit d'animaux (poissons, grenouilles, écrevisses) et possède pour cela 700 dents ! Il est donc carnivore. Parfois, il peut manger des individus de son espèce ; le brochet est cannibale… À la fin de l'hiver, la femelle pond des œufs sur les plantes des berges de la rivière, mais seulement si elles sont inondées.



Le martin-pêcheur est un oiseau à la tête et aux ailes bleues et au ventre orange, mesure environ 16 centimètres pour 40 grammes. Il a un cri très strident qui peut repousser les intrus. Il vit toujours près d'une rivière car il y pêche sa nourriture (des poissons). Il aime se percher sur les arbres ou les poteaux sur la rive pour observer la rivière et guetter les poissons. Il régurgite des pelotes de réjection contenant les restes de ses repas qu'il ne digère pas : surtout des arêtes de poisson. Il creuse son nid sur les berges et y pond six ou sept œufs.

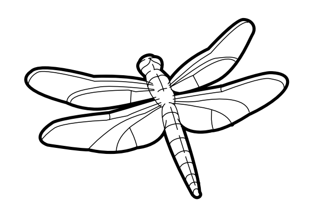
Le nénuphar est une plante qui vit dans les eaux très calmes. Sa tige, plongée dans l’eau, mesure environ un mètre. Ses feuilles rondes et plates flottent à la surface. Comme sur un radeau, les oiseaux peuvent venir s’y poser. Le nénuphar possède une seule fleur qui s’ouvre après le lever du jour et se ferme avant le coucher du soleil. En France, elle est le plus souvent de couleur blanche.

La couleuvre à collier est un serpent, c’est donc un reptile. Elle est grise avec des taches noires et mesure entre un et deux mètres. Excellente nageuse, elle plonge dans les rivières ou les étangs pour chasser ses proies : des poissons, des grenouilles et des crapauds. Elle avale ces animaux vivants ! La femelle pond entre 10 et 40 œufs, mais elle ne s’en occupe pas. En hiver, elle hiberne sous des pierres.

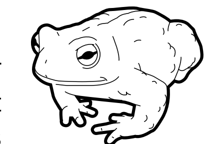


Le ragondin est un mammifère originaire d’Amérique du Sud. Il a été introduit en Europe au 19ème siècle afin d’exploiter sa fourrure pour en faire des manteaux. Mais aujourd’hui, il a envahi de nombreuses rivières. Il mesure entre 40 et 80 centimètres. Ses pattes avant ont des griffes pour creuser, ses pattes arrière des palmes pour nager. Il creuse un terrier le long des berges et cela pose problème quand la berge s’effondre. C’est un rongeur herbivore, cela veut dire qu’il mange des plantes, des écorces ou des racines à l’aide d’incisives qui peuvent atteindre 12 centimètres ! La femelle donne naissance à cinq ou six petits par portée et elle les nourrit avec son lait ; on dit qu’elle les allaite.

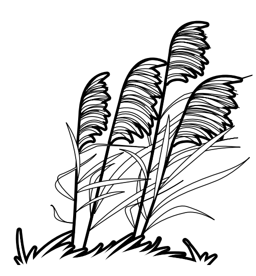
L’écrevisse est un crustacé d’environ 10 centimètres qui vit dans l’eau douce. Elle possède une carapace brune ou verte et cinq paires de pattes. La première paire est munie de puissantes pinces. La journée, elle s’abrite sous des pierres ou dans un terrier qu’elle creuse dans le sable. La nuit, elle sort pour chercher sa nourriture : des petits animaux (insectes, œufs de poissons) et des végétaux. Elle est donc omnivore. La femelle pond des œufs qui restent collés à son abdomen. L’écrevisse mue plusieurs fois avant de devenir adulte. Cousine des homards et des langoustes, elle est comestible. Les espèces françaises sont devenues rares à causes des écrevisses américaines invasives qui lui font de la concurrence. Elles sont donc protégées.



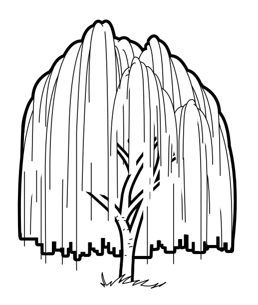
La libellule est un insecte de 5 à 8 centimètres avec de gros yeux à facettes pour mieux chasser ses proies et deux paires d’ailes pour voler très vite. On peut remarquer son long abdomen (mais attention, ce n’est pas une queue !). Elle se nourrit d’insectes qu’elle capture en vol (papillons, moustiques, mouches). Les libellules sont fréquentes près des étangs et des rivières car lors de la reproduction, la femelle dépose ses œufs dans l’eau ou sur une plante tout près de l’eau. La larve commence sa vie dans l’eau, où elle change de carapace plusieurs fois : ce sont les mues. Puis, une métamorphose la fait devenir une libellule adulte qui peut voler.



Le crapaud calamite est un amphibien : il vit à la fois dans l’eau et sur la terre. Il est petit (de 4 à 8 centimètres) et de couleur brune. Son dos est parsemé de verrues. Il aime sortir la nuit et se cache la journée dans des trous dans la terre ou sous des cailloux . Ce crapaud se nourrit d’insectes, d’araignées et de vers. Pour séduire la femelle, le mâle chante ; sa gorge gonfle comme une bulle pour amplifier le son. Le crapaud va dans une mare pour pondre ses œufs, qui vont devenir ensuite des têtards.



Le roseau est une plante d’environ deux mètres de haut. On le trouve au bord des étangs ou des marais. Quand il y a du vent, il plie mais ne casse pas. Ses toutes petites fleurs sont regroupées dans un plumeau brun-violet de 20 à 30 centimètres. Il porte des feuilles étroites et pointues. De nombreux animaux, notamment les oiseaux, profitent de la présence des roseaux pour se cacher. Autrefois, on utilisait ses tiges rigides et lisses pour couvrir les toits des maisons (les chaumières).



Le saule est un arbre qui regroupe plusieurs espèces : saule pleureur (il mesure environ 12 mètres, avec des branches tombantes), saule blanc (le dessous de ses feuilles est blanc, 25 mètres de haut). Le saule a besoin d’eau et de lumière, c’est pourquoi on le trouve souvent sur les berges d’une rivière. Ses minuscules fleurs forment des chatons. C’est en faisant bouillir de la poudre d’écorce de saule blanc qu’un pharmacien a inventé l’aspirine. Le saule est utilisé pour faire des paniers en osier.

LA BIODIVERSITÉ AQUATIQUE

1 **Trois espèces végétales** sont dessinées et décrites : le nénuphar, le roseau et le saule.
- Laquelle vit immergée dans l'eau ? ______
- Comment appelle-t-on les groupes de fleurs du roseau ? ______
- À quoi peut servir le saule ? ______

2 **Sept espèces animales** aquatiques présentes en région parisienne sont décrites. À toi de remplir le tableau ci-dessous en retrouvant les informations demandées.

Espèce	Classe	Taille	Alimentation
martin-pêcheur			
crapaud			
couleuvre			
ragondin			
brochet			
écrevisse			
libellule			

3 Que signifie le mot carnassier ? Quelles sont les espèces **carnassières** ?

______

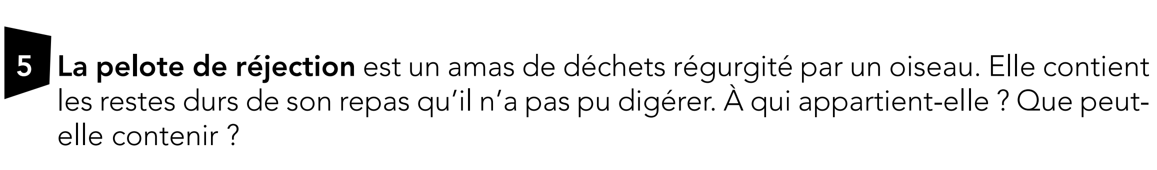
______

4 Le brochet peut manger le crapaud calamite ; le crapaud calamite peut manger la libellule. On appelle cet enchaînement la **chaîne alimentaire**. Que va-t-il se passer si une espèce disparaît ?

______

______

5 **La pelote de réjection** est un amas de déchets régurgité par un oiseau. Elle contient les restes durs de son repas qu'il n'a pas pu digérer. À qui appartient-elle ? Que peut-elle contenir ?





6 Il mange ses congénères, qui est-il ? Quel est l'adjectif correspondant ?

______

7 Pour séduire sa belle, il fait apparaître une grosse bulle au niveau de son cou. Qui est-ce ?

______

8 Il n'est pas chez lui, mais il se sent bien. Il est même devenu envahissant. Qui est-ce ?

______

9 Voici une liste de sept autres espèces. Indique en face de chacune à quelle classe elle appartient. Si tu n'es pas sûr, vérifie avec le dictionnaire.
- *Classes : poisson, amphibien, oiseau, reptile, mammifère, crustacé, insecte*

Espèce	Classe
truite	
moustique	
cormoran	
salamandre	
crevette d'eau douce	
chauve-souris	
tortue	

LA BIOLOGIE DE LA CARPE



La carpe est un gros poisson d'eau douce que l'on trouve partout en France, sauf en montagne. En moyenne, elle mesure 50 cm et pèse 5 kg, mais ***elle peut atteindre 1 mètre et 30 kg*** *! Elle vit environ quinze ans.*
Elle aime vivre dans des rivières qui coulent lentement ou dans des eaux calmes, comme les étangs. Elle préfère une eau assez chaude (entre 15 et 25°C), avec beaucoup de végétation.

1 Pourquoi la carpe ne peut-elle pas vivre à la montagne ? *(deux réponses possibles)*

____

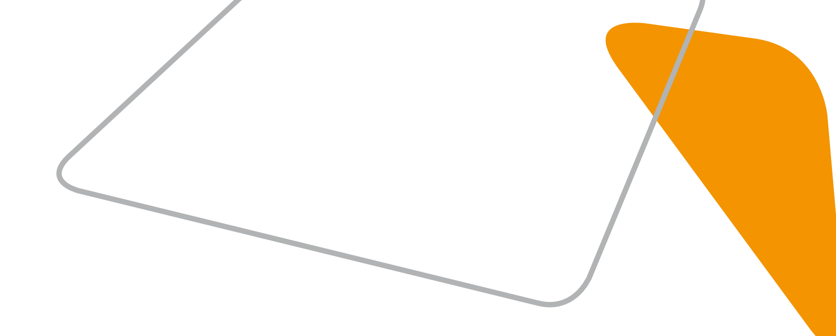
____

____

L'ANATOMIE

Le corps de la carpe est recouvert de grandes écailles. Son dos est brun-vert et son ventre est blanc-jaune.
Elle possède une longue nageoire dorsale (1), une petite nageoire anale (2), deux pectorales (3), deux ventrales (4), une large caudale (5).
Sa bouche est munie de grosses lèvres avec quatre barbillons (6). Les barbillons ressemblent à des moustaches et servent d'antennes au poisson pour sentir et goûter ce qui passe près de lui.

2 Place sur l'illustration les numéros correspondant aux différentes nageoires et aux barbillons.



L'ALIMENTATION

La carpe peut manger des végétaux et des animaux (algues, graines, larves d'insectes, crustacés, vers…).



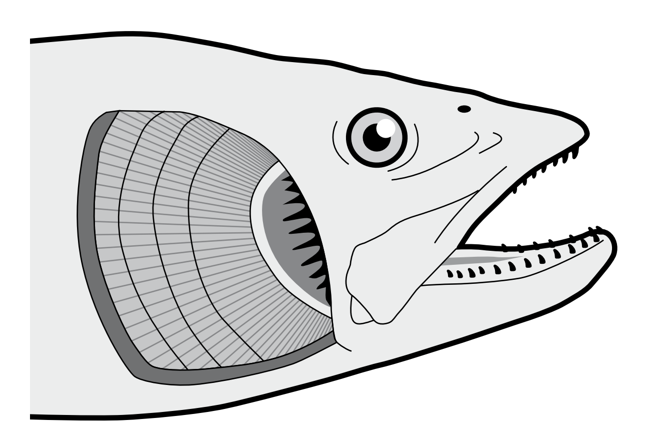
3 La carpe est donc :

- ❑ carnivore
- ❑ omnivore
- ❑ végétarienne

LA RESPIRATION

Le poisson absorbe de l'eau riche en oxygène par la bouche. L'eau passe ensuite à travers les **branchies** (apparence d'un peigne). Là, de l'oxygène est capté, il est nécessaire au fonctionnement des organes du poisson. Enfin, l'eau ressort par les **ouïes** (sorte de couvercle au-dessus des branchies). C'est la respiration branchiale.

4 Place les **branchies** sur l'illustration. Dessine une flèche sur l'illustration montrant **le parcours de l'eau** que la carpe va absorber.



LA REPRODUCTION

La carpe est un animal **ovipare**, cela signifie que la femelle pond des œufs. À l'opposé, les animaux donnant naissance à des petits complètement développés sont appelés vivipares.
Contrairement aux mammifères (comme les souris, les vaches ou les humains) où l'œuf est fécondé à l'intérieur du corps de la femelle, la **fécondation** de la plupart des poissons se produit à l'extérieur du corps de la femelle. La carpe femelle pond ses œufs sur des plantes aquatiques où ils restent collés. Le mâle dépose ses spermatozoïdes dessus.
Après la fécondation, l'**embryon** se développe dans l'œuf jusqu'à son éclosion. C'est la naissance de l'**alevin**. Puis, quand le jeune poisson est capable de se reproduire (faire des bébés), il devient un adulte.

5 Où a lieu la fécondation de la carpe ?

____

6 À quel moment l'embryon devient un alevin ? Classe les illustrations ci-dessous dans l'ordre.

____

